



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

**ESTUDIO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN
EN TUBERÍA QUE TRANSPORTA ACEITE COMESTIBLE**

Vladimir Mijail Orozco Corado

Asesorado por el Ing. Julio César Molina Zaldaña

Guatemala, agosto de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN
EN TUBERÍA QUE TRANSPORTA ACEITE COMESTIBLE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

VLADIMIR MIJAIL OROZCO CORADO

ASESORADO POR EL ING. JULIO CÉSAR MOLINA ZALDAÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTUDIO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN
EN TUBERÍA QUE TRANSPORTA ACEITE COMESTIBLE,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 18 de enero de 2005.

Vladimir Mijail Orozco Corado

Guatemala, 10 de abril de 2007

Ingeniero
Fredy Mauricio Monroy Peralta
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Monroy

Por medio de la presente informo a usted, que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por el estudiante, Vladimir Mijail Orozco Corado, con carne 96-16144, de la carrera de Ingeniería Mecánica, cuyo título es: **“ESTUDIO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN EN TUBERÍA QUE TRANSPORTA ACEITE COMESTIBLE”**.

Considero que el trabajo presentado por el estudiante Vladimir Mijail Orozco Corado, ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentario y siguiendo las recomendaciones de la asesoría, por lo que doy mi aprobación y solicito el trámite correspondiente.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,

Ing. Julio Cesar Molina Zaldaña
Asesor
Colegiado No. 3959

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

- Dios, por haberme dado el entendimiento y la oportunidad de hacer este trabajo.
- Mis padres, Amilcar Blandemiro Orozco y Francisca Corado de Orozco, por todo el amor y apoyo que me han brindado a través de la vida.
- Mi esposa, Silvia Sucely Patzán de Orozco, por los ánimos brindados para seguir adelante.
- Mis hermanos, Amilcar, América y Pamela, por su alegría y entusiasmo irradiados.
- Lenin Orozco y Antonio Monzón, por sus consejos.
- Mis amigos, en especial a Rodrigo Portilla, Alvan Zeissig, Ludwin Juárez, Edgar Fuentes, Raúl Toledo e Isabel Saravia, por el apoyo brindado a lo largo de la carrera de Ingeniería y de mi vida profesional.
- Mis catedráticos, por sus enseñanzas, en especial al Ing. Julio César Molina Zaldaña.
- Esta gloriosa Universidad, por brindarme los conocimientos para poder ayudar a desarrollar mi país.

A todos infinita gratitud.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. PROCESO DE LA FRITURA	1
1.1 Aceites y grasas para freír	1
1.1.1 Función del aceite	1
1.1.2 Alteración del aceite	2
1.1.2.1 Hidrólisis	2
1.1.2.2 Autoxidación	2
1.1.3 Elección del medio de fritura	3
1.2 Aceites de origen vegetal comestibles	4
1.2.1 Aceite de Oliva	4
1.2.1.1 Propiedades	4
1.2.2 Aceite de palma	5
1.3 Temperatura de cocción	6
1.4 Consumo de grasa	6
1.5 Recomendaciones prácticas en la fritura	6

2.	SOLIDIFICACIÓN DEL ACEITE	7
2.1	Solidificación del aceite debido a Hidrogenación	7
2.2	Solidificación del aceite debido a bajas temperaturas	8
3.	MECÁNICA DE LOS FLUIDOS	9
3.1	Generalidades del flujo de fluidos	9
3.1.1	Presión promedio	9
3.1.2	Densidad relativa	9
3.1.3	Tensión superficial	10
3.2	Flujo de fluidos	10
3.2.1	Viscosidad	10
3.2.1.1	Viscosidad absoluta	11
3.2.1.2	Viscosidad cinemática	11
3.2.2	Número de Reynolds	11
3.2.3	Capa límite	13
3.2.4	Velocidad crítica	14
3.3	Flujo de fluidos en tuberías	15
3.3.1	Flujo laminar	15
3.3.2	Flujo turbulento	15
3.3.3	Distribución de las velocidades	16
3.3.4	Flujos internos	16
4.	VARIABLES METEOROLÓGICAS QUE INFLUYEN EN EL CLIMA GUATEMALTECO	19
4.1	Viento	19
4.2	Temperatura	20
4.2.1	Índice de calor	20
4.3	Humedad relativa	21
4.4	Punto de rocío	22

4.5	Presión atmosférica	22
4.6	Condiciones climáticas guatemaltecas	23
4.6.1	Clima tropical	24
4.6.2	Clima de alta montaña	24
4.6.3	Clima ecuatorial	25
4.6.4	Temperaturas medias en los distintos departamentos de Guatemala	26
5.	TRANSFERENCIA DE CALOR	27
5.1	Tipos de transferencia de calor	27
5.1.1	Conducción	27
5.1.2	Convección	28
5.1.3	Radiación	28
5.2	Intercambiadores de calor	29
5.2.1	Análisis de intercambiador de calor de un sólo paso	30
5.2.2	Formación de sarro en un intercambiador de calor	32
5.3	Calderas	33
5.3.1	Elementos de una caldera	33
5.3.1.1	Cámara de agua	33
5.3.1.2	Cámara de vapor	34
5.3.2	Caldera Pirotubular	35
5.3.3	Caldera Acuatubular	36
5.3.4	Elementos de funcionamiento de una caldera	36
5.3.4.1	Fuego	36
5.3.4.2	Agua	37
5.3.4.3	Superficie de intercambio de calor	37

5.3.5	Mantenimiento en calderas	38
5.3.5.1	Mantenimiento diario	38
5.3.5.2	Mantenimiento mensual	39
5.3.5.3	Mantenimiento semestral	39
5.3.5.4	Mantenimiento anual	40
5.4	Ley de Joule	40
5.5	Calentador eléctrico	41
5.5.1	Funcionamiento	41
5.5.2	Mantenimiento de un calentador eléctrico	42
6.	TUBERÍAS	45
6.1	Normas para la tubería	45
6.1.1	Procedimientos de fabricación de tubos	46
6.1.2	Designación de cédula	46
6.2	Tipos de tuberías	47
6.2.1	Tuberías de acero	47
6.2.1.1	Tubo especial mecánico sin soldadura	47
6.2.1.2	Tubos de acero al carbono	47
6.2.1.3	Tubos de acero inoxidable	48
6.2.2	Tuberías de fundición de hierro	48
6.2.3	Tuberías de cobre	49
6.2.4	Tuberías a utilizar dependiendo de temperaturas y presiones de vapor	50
6.2.4.1	Presiones de vapor de 125-250psi	50
6.2.4.2	Presiones de vapor de 25-125psi	50
6.2.4.3	Presiones de vapor de 25psi	50

6.3	Tipos de juntas o uniones	51
6.3.1	Uniones roscadas	51
6.3.2	Uniones soldadas	52
6.3.3	Uniones por bridas	52
6.3.3.1	Bridas deslizantes	53
6.3.3.2	Bridas de unión a tope	53
6.4	Accesorios	53
6.4.1	Codos, tes y cruces	54
6.4.2	Laterales	54
6.4.3	Válvulas	55
6.4.3.1	Válvulas de compuerta acuñada	55
6.4.3.2	Válvulas cheque	55
6.4.3.3	Válvulas de compuerta de doble disco de globo y en ángulo	56
6.4.3.4	Grifos	56
6.5	Soportes de las tuberías	56
6.6	Identificación de la tubería	59
6.6.1	Clasificación por color	59
6.6.2	Método de identificación	59
6.7	Envejecimiento de tuberías	60
7.	DISEÑO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR Y RED DE TUBERÍAS	61
7.1	Diseño actual de tubería transportadora de aceite comestible	61
7.1.1	Suministro de aceite	62
7.2	Diseño del sistema de calefacción para tubería que transporta aceite comestible	63
7.2.1	Suministro de agua	64

7.2.1.1	Alimentación de agua	64
7.2.1.2	Movimiento del agua	64
7.2.1.3	Transportación del agua	64
7.2.2	Esquema de tuberías	65
7.2.2.1	Esquema de tubería transportadora principal de aceite comestible	65
7.2.2.2	Esquema de tubería transportadora secundaria de aceite comestible	66
7.3	Elección del método de transferencia de calor principal	67
7.3.1	Intercambiador de calor de un sólo paso	67
7.3.1.1	Suministro de vapor	68
7.3.1.2	Medición de presión de vapor	68
7.3.1.3	Regulador de presión de vapor	68
7.3.2	Calentador eléctrico	69
7.3.2.1	Tipo de calentador eléctrico	70
7.3.2.2	Suministro de electricidad	70
7.4	Costos	71
7.4.1	Costos de instalación	71
7.4.2	Costos de operación	72
7.4.3	Costos de mantenimiento	73
7.4.4	Comparación entre costos de los posibles sistemas a utilizar	75
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	79
	REFERENCIAS	81
	BIBLIOGRAFÍA	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1	Capa límite en una placa plana	14
2	Zona de entrada de una tubería	16
3	Perfiles de temperatura para dos configuraciones de intercambiadores de calor de una sola pasada y doble tubería	30
4	Caldera Pirotubular	35
5	Calentador eléctrico	42
6	Válvula de drene	43
7	Puntos de posibles fugas de agua en un calentador eléctrico	43
8	Válvula de alivio	43
9	Tipos de uniones	51
10	Codos, T, Y	53
11	Codos, T, cruces	54
12	Válvulas de compuerta acuñada	55
13	Válvulas de globo y de ángulo	55
14	Soporte para tubo sobre rodillos	56
15	Métodos para soportar tubos sobre rodillos	57
16	Suspensores de muelle	58
17	Suspensores de muelle y brazo templador	59
18	Sistema actual de suministro de aceite	61
19	Diagrama de la tubería para aceite y accesorios	62
20	Dimensiones de la tubería para aceite	62

21	Diagrama del sistema de calefacción a implementar	63
22	Sistema de calefacción en tubería principal de transportación	65
23	Sección de tubería principal de transportación	65
24	Sistema de calefacción en tubería secundaria de transportación	66
25	Sección de tubería secundaria de transportación	66
26	Diagrama de la instalación del intercambiador de calor de un sólo paso	67
27	Diagrama de la instalación del calentador eléctrico	69
28	Costos de instalación inicial, operación y mantenimiento mensual	76

Tablas

I	Temperaturas promedio máximas y mínimas de los distintos departamentos de Guatemala	26
II	Identificación por colores de tubería	59
III	Símbolos de accesorios a utilizar en el sistema de calefacción a implementar	63
IV	Símbolos de los accesorios del método de transferencia de calor principal con intercambiador de calor	67
V	Símbolos a utilizar en el diagrama de la instalación del calentador eléctrico	69

VI	Costos de instalación de los sistemas	71
VII	Costos de operación de los sistemas	72
VIII	Cálculo de mano de obra para mantenimiento diario de una caldera	73
IX	Calculo de mano de obra para mantenimiento mensual de una caldera	73
X	Cálculo del número de técnicos para el mantenimiento mensual de una caldera	73
XI	Horas a laborar por mes	74
XII	Costos de mano de obra para mantenimiento de una caldera	74
XIII	Cálculo de mano de obra para mantenimiento de un calentador de agua	74
XIV	Cálculo del número de técnicos para el mantenimiento mensual de un calentador eléctrico	75
XV	Costos de mano de obra para mantenimiento de calentador de agua	75
XVI	Comparación de costos caldera frente a calentador eléctrico	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1	Capa limite en una placa plana	14
2	Zona de entrada de una tubería	16
3	Perfiles de temperatura para dos configuraciones de intercambiadores de calor de una sola pasada y doble tubería	30
4	Caldera Pirotubular	35
5	Calentador eléctrico	42
6	Válvula de drene	43
7	Puntos de posibles fugas de agua en un calentador eléctrico	43
8	Válvula de alivio	43
9	Tipos de uniones	51
10	Codos, T, Y	53
11	Codos, T, cruces	54
12	Válvulas de compuerta acuñada	55
13	Válvulas de globo y de ángulo	55
14	Soporte para tubo sobre rodillos	56
15	Métodos para soportar tubos sobre rodillos	57
16	Suspensores de muelle	58
17	Suspensores de muelle y brazo templador	59
18	Sistema actual de suministro de aceite	61
19	Diagrama de la tubería para aceite y accesorios	62
20	Dimensiones de la tubería para aceite	62

21	Diagrama del sistema de calefacción a implementar	63
22	Sistema de calefacción en tubería principal de transportación	65
23	Sección de tubería principal de transportación	65
24	Sistema de calefacción en tubería secundaria de transportación	66
25	Sección de tubería secundaria de transportación	66
26	Diagrama de la instalación del intercambiador de calor de un solo paso	67
27	Diagrama de la instalación del calentador eléctrico	69
28	Costos de instalación inicial, operación y mantenimiento mensual	76

Tablas

I	Temperaturas promedio máximas y mínimas de los distintos departamentos de Guatemala	26
II	Identificación por colores de tubería	59
III	Símbolos de accesorios a utilizar en el sistema de calefacción a implementar	63
IV	Símbolos de los accesorios del método de Transferencia de calor principal con Intercambiador de calor	67
V	Símbolos a utilizar en el diagrama de la instalación del calentador eléctrico	69

VI	Costos de instalación de los sistemas	71
VII	Costos de operación de los sistemas	72
VIII	Cálculo de mano de obra para mantenimiento de caldera diario	73
IX	Calculo de mano de obra para mantenimiento de caldera mensual	73
X	Cálculo del número de técnicos para el mantenimiento mensual de una caldera	73
XI	Horas a laborar por mes	74
XII	Costos de mano de obra para mantenimiento de una caldera	74
XIII	Cálculo de mano de obra para mantenimiento de un calentador de agua	74
XIV	Cálculo del número de técnicos para el mantenimiento mensual de un calentador eléctrico	75
XV	Costos de mano de obra para mantenimiento de calentador de agua	75
XVI	Comparación de costos caldera vrs. calentador eléctrico	75

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados o Celsius
<	Menor que
%	Por ciento
Re	Número de Reynolds
d	Diámetro
ρ	Densidad
v	Velocidad
μ	Viscosidad
δ	Capa límite
e	Exponente de base diez
L'	Longitud de transición
gr	Gramos
m	Metros
m ²	Metro cuadrado
mm	Milímetros
psi	Libras fuerza sobre pulgada cuadrada
V	Voltaje
I	Intensidad de corriente
t	Tiempo
W	Trabajo
DI	Diámetro interno
DE	Diámetro externo
lb	Libras

GLOSARIO

Ácido linoleico:	Líquido incoloro o amarillo pálido, soluble en disolventes orgánicos, es un ácido graso esencial, siendo un elemento esencial necesario en la dieta de los mamíferos por ser precursor de componentes de tipo hormonal.
Amorfo:	Sin forma regular o bien determinada.
Arteria:	Es uno de los vasos tubulares que conducen la sangre del corazón hacia los tejidos del organismo.
Arteriosclerosis:	Endurecimiento de las arterias.
Batch:	Conjunto de objetos similares que se agrupan con un fin determinado.
Catálisis:	Transformación química motivada por cuerpos que al finalizar la reacción aparecen inalterados.
Catalizador:	Cuerpo capaz de producir la transformación catalítica.
Cocción:	Acción y efecto de cocer o cocerse.
Equinoccio:	Época en que, por hallarse el Sol sobre el Ecuador, los días son iguales a las noches en toda la Tierra.

Estearina:	Es una sustancia blanca, insípida e insoluble en agua pero si en alcohol y en éter, se encuentra en abundancia en la mayoría de los aceites y grasas, animales y vegetales. Se usa en mezclas lubricantes, materiales resistentes al agua y para la fabricación de velas.
Éster:	Cualquiera de los compuestos químicos que resultan de sustituir átomos de hidrógeno de un ácido inorgánico u orgánico, por radicales alcohólicos; pueden ser considerados como sales en las que los átomos metálicos están reemplazados por radicales orgánicos.
Fritura:	Conjunto de cosas fritas.
Glicérido:	Éster formado por la combinación de la glicerina con ácidos grasos.
Hidrólisis:	Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, ya sea por exceso de agua o por la presencia de una corta cantidad de fermento o de ácido.
Mercadotecnia:	Conjunto de principios y prácticas que buscan el aumento del comercio, especialmente de la demanda, y estudio de los procedimientos y recursos tendentes a este fin.
Fracción:	En procesos como la destilación, la depuración, etc., cada una de las partes que se separan de una sustancia.

- Oleina:** Sustancia líquida, ligeramente amarillenta, que entra en la composición de las grasas y mantecas, y más en la de los aceites.
- Palatabilidad:** Grado de gusto y sabor que se percibe en los manjares.
- Solsticio:** Época en que el Sol se halla en uno de los dos trópicos, hiemal de invierno, que hace en el hemisferio boreal el día menor y la noche mayor del año, y en el hemisferio austral todo lo contrario. Vernal el de verano, que hace en el hemisferio boreal el día mayor y la noche menor del año, y en el hemisferio austral todo lo contrario.
- Viscosidad:** Es la resistencia que un fluido tiene a fluir.

RESUMEN

Debido a las propiedades del aceite y la variable temperatura ambiente, podemos encontrar una sustancia que sea aceite en un país calido y ser grasa en un país frío.

La solidificación controlada de un aceite, puede ser utilizada para la elaboración de productos con características especiales de textura, tales como las margarinas.

La causa principal de todos los fenómenos meteorológicos, reside en el calor que envía el Sol, y la manera que este calor es absorbido o irradiado por la superficie terrestre. Tenemos en Guatemala temperaturas promedio mensuales que varían desde los 1.2°C y los 36.6°C.

La conductividad térmica, es una propiedad muy importante de un material o medio. Un intercambiador de calor, es un componente de un proceso que tiene por objetivo transferir la energía almacenada en un fluido a otro fluido, entre estos tenemos al intercambiador de calor de un sólo paso, calderas, calentadores eléctricos.

El medio de transportación de líquidos y gases a presión son las tuberías. Las tuberías pueden ser fabricadas de varios metales, entre los principales tenemos el acero y el cobre.

Como resultado del estudio, se pudo observar que la manera más económica de implementar un sistema de calefacción para tubería que transporta aceite comestible es por medio de un calentador eléctrico, debido a su bajo costo inicial, bajo mantenimiento preventivo y correctivo.

OBJETIVOS

- **GENERAL**

Generar una base para la solución de problemas, debidos a la solidificación del aceite en tuberías de transportación de aceite.

- **ESPECÍFICOS**

1. Determinar en qué consiste la solidificación del aceite.
2. Indicar la necesidad de este estudio, debido a la variación de temperaturas ambientales en Guatemala.
3. Conocer distintos tipos de tubería que nos brinden una adecuada transferencia de calor.
4. Encontrar un método de generación y transmisión de calor, tomando en cuenta factores económicos y de seguridad.

INTRODUCCIÓN

En la industria alimenticia, se utilizan diversos tipos de aceites comestibles para la elaboración de productos de consumo masivo.

Sin duda, el comercio de aceites comestibles crecerá en el futuro, ya que el crecimiento de la población mundial, y por consiguiente de las necesidades alimenticias, se verá reflejado en la demanda de dichos productos.

Las plantas de producción de aceite, ofrecen al comprador distintos tipos de aceite, los cuales pueden variar sus propiedades dependiendo del precio, debido a esto es necesario estar a la vanguardia en cuanto a tecnología o sistemas que nos permitan estar a un nivel competitivo en eficiencia y productividad.

Por otra parte, la mayoría de los países producen parte de sus requisitos de aceites y grasas, pero son pocos los que logran autoabastecerse. Entre los diferentes aceites que participan principalmente en el comercio internacional, se encuentran: el aceite de palma líder en cuanto a las exportaciones, le siguen los aceites de soya, de oliva y de girasol.

Los aceites comestibles, al igual que muchos tipos de lubricantes, su viscosidad dependerá en gran manera, de la temperatura ambiente a la cual estén sometidos, así mismo la temperatura ambiente es influenciada por factores tales como posición geográfica, altura sobre el nivel del mar, estaciones del año, etc.

Los cambios de viscosidad, producen problemas cuando el aceite comestible es transportado a través de tuberías. Cuando la temperatura baja a un punto determinado el aceite puede llegar a solidificarse creando taponamientos en la tubería y demás accesorios. Debido a lo anterior, es necesario encontrar un método adecuado que evite la solidificación del aceite a bajas temperaturas.

El método a utilizar para la generación de calor en un sistema de calefacción, se decidirá tomando como base factores económicos, seguridad y operación.

Desde el punto de vista de ingeniería, el diseño es uno de los puntos principales de cualquier proyecto. En éste se puede generar la inventiva, dependiendo de los recursos con los que se cuentan (capital, mano de obra, disponibilidad de repuestos, etc.), o de los recursos con que se podrían contar, tratando de optimizar éstos al máximo.

Esta es una base para el diseño de sistemas de calefacción a implementar en redes de tuberías con problemas de solidificación de aceite, debido a bajas temperaturas ambientales, tomándose en cuenta factores como el proceso de la fritura, solidificación del aceite en un ambiente controlado y un ambiente no controlado, generalidades de la mecánica de fluidos, variables meteorológicas que influyen en el clima guatemalteco, métodos de transferencia de calor, distintos tipos de tuberías, etc.

1. PROCESO DE LA FRITURA

1.1 Aceites y grasas para freír

Un proceso especial de cocción es freír en grasa caliente. Para hacer posible este trabajo las grasas poseen las siguientes propiedades:

- Alta temperatura de ebullición: la temperatura de ebullición de la grasa es bastante superior a la del agua, pero varía también según el tipo de grasa. Se prefieren grasas con alta temperatura de ebullición para que puedan freír sin descomponerse.
- Mejorar el gusto de aquellos productos que sufren cocción en las grasas.
- Un punto de fusión y solidificación adecuadas, para que las elaboraciones no absorban demasiada grasa ni tampoco formen una película blanquecina en su exterior después de enfriarse.
- Ser repelente del agua.

1.1.1 Función del aceite

La función del aceite en la fritura es doble. Por un lado actúa como medio transmisor de calor y por otro llega a ser un ingrediente del producto frito al ser absorbido por el mismo. Esta última función tiene especial interés ya que la estabilidad del aceite y su grado de alteración influirán directamente en la duración del producto frito. También hay que considerar que el aceite puede llegar a ser uno de los ingredientes más caros del producto final, por ejemplo en preparados a base de harina, patata, pan rallado o algunos vegetales.

1.1.2 Alteración del aceite

Todos los procesos químicos se aceleran al aumentar la temperatura. Se acepta que la velocidad de las reacciones se dobla al aumentar 10°C la temperatura. Por este motivo es fácil comprender que una grasa calentada tiende a degradarse bastante rápido.

Los principales cambios químicos que se observan en los aceites calentados son:

1.1.2.1 Hidrólisis

Durante el proceso de fritura, a temperaturas de 180-190°C, el proceso de hidrólisis tiene poca importancia puesto que la humedad se elimina en forma de vapor, aunque algunos autores describen contenidos de agua del 0.5-1.5% incluso a esas temperaturas. Las mayores alteraciones ocurren si existe humedad en el momento de calentar o enfriar el aceite (<100°C) y durante el almacenamiento del mismo, puesto que el agua no se evapora.

El resultado de la hidrólisis es la aparición de ácidos grasos libres, que aumentan la acidez del aceite, y en menor cantidad la formación de metilcetonas y lactonas que pueden producir aromas desagradables.

La aparición de ácidos grasos libres provoca una mayor tendencia a la formación de humo.

1.1.2.2 Auto oxidación

La auto-oxidación es un proceso oxidativo, el más frecuente en los procesos de fritura, caracterizado por la oxidación de los ácidos grasos en presencia del oxígeno del aire. Este proceso se ve favorecido y potenciado por la incidencia de luz. Los ácidos grasos insaturados son más sensibles a la oxidación que los saturados.

Las grasas que han sufrido un proceso de oxidación tienden a oscurecerse, aumentar la viscosidad, incrementar la formación de espuma y desarrollar gustos y olores anómalos.

Al tratarse de una reacción en cadena, es fácil comprender que la extendida práctica de desechar el 50% de un aceite de fritura en punto de descarte y sustituirlo por aceite nuevo con el fin de alargar la vida del primero, no sólo no es beneficioso sino que acelera la alteración del aceite nuevo incorporado.

1.1.3 Elección del medio de fritura

La elección más adecuada del tipo de aceite/grasa debe hacerse teniendo en cuenta distintos puntos de vista:

- a) Comercial: por lo que respecta al precio, a la disponibilidad y a la distribución.
- b) Marketing: el punto de fusión del aceite/grasa tiene una gran importancia puesto que determina la apariencia (vista y tacto) de la superficie aceitosa o no del producto y la palatabilidad de la grasa dependiendo de la temperatura a que se consuma el producto, ya que por debajo del punto de fusión de la grasa produce una sensación desagradable al paladar. En estos casos se debería cambiar el tipo de grasa por otra de punto de fusión más bajo o por un aceite.
- c) Técnico: especialmente en relación a su estabilidad frente al calentamiento y almacenamiento, y a las posibilidades reales para utilizarlos, que dependen de la infraestructura de la empresa. Hay que tener en cuenta que las grasas solidifican en los depósitos de almacenamiento, por lo tanto, no se deberán utilizar a menos que el depósito esté acondicionado con una doble camisa o resistencia para poder fundirla.

Las posibilidades de elección de medios de fritura, a grandes rasgos, son:

- Aceites o grasas vegetales.
- Grasas o sebos animales.
- Aceites vegetales hidrogenados, total o parcialmente, como el de soja tratado.
- Mezclas de distintas fracciones de aceites y grasas vegetal.

1.2 Aceites de origen vegetal comestibles

Son los obtenidos a partir de semillas aceitosas. Las semillas más utilizadas son girasol, maíz, cacahuete, algodón, palma, etc. Se extraen mediante potentes disolventes orgánicos que eliminan sabor, olor y color. Estos aceites tienen siempre que ser refinados para eliminar los restos de los disolventes.

1.2.1 Aceite de Oliva

El aceite de oliva se extrae de las aceitunas, sometiéndolas a presión. Se separan dos capas: el aceite y el alpechín (que es un líquido oscuro y fétido que sale de las aceitunas apiladas antes de la molienda y cuando al extraer el aceite se las exprime por medio del agua hirviendo).

1.2.1.1 Propiedades

El aceite de oliva virgen, es sin duda el mejor de los aceites, su composición química es prácticamente ideal. Los estudios realizados han demostrado que una dieta rica en aceite de oliva disminuye la incidencia de arteriosclerosis, es sumamente aconsejable para dietas preventivas el consumirlo.

El aceite de oliva facilita la digestión, estimulando la secreción de la vesícula biliar, también disminuye la secreción de ácido clorhídrico en el estómago, esto hace que si tenemos úlceras gástricas o duodenales, el aceite de oliva disminuye su tamaño y las ayuda a cicatrizar.

También posee gran cantidad de vitamina E que es una sustancia antioxidante. Su contenido en ácido linoléico, es beneficioso para el crecimiento del hueso. Aunque no se tuvieran en cuenta sus propiedades médicas, se utilizaría por sus cualidades gastronómicas.

En los fritos, el aceite de oliva es el que sufre una menor alteración durante el proceso de calentamiento, ya que su temperatura de ebullición es más alta. Cuando se estudian sus efectos sobre el producto frito, descubrimos que se forma una capa a su alrededor, impidiendo absorber más aceite y reteniendo todos los jugos, por lo que el consumo de aceite es menor y las frituras engordan menos.

1.2.2 Aceite de palma

No se mezcla fácilmente con los aceites y las grasas más comunes. Dentro de los 17 aceites y grasas más importantes que se mueven en el comercio mundial, sólo existen dos aceites láuricos: el aceite de coco y el aceite de palmiste y se llaman láuricos debido a que el ácido láurico es el principal ácido graso en su composición y representa aproximadamente el 50%. Ningún otro aceite importante contiene más del 1% (la mantequilla contiene un 3%).

En esta época en la que se cuestionan los aspectos de salud de los ácidos grasos, el fraccionamiento de grasas y aceites recibe un interés creciente. El éxito inicial del proceso ha ayudado primordialmente a que el aceite de palma haya logrado una fuerte posición en el mercado de productos básicos, con millones de toneladas de estearina y oleína de palma producidas. La competitividad, así como la demanda, ha movido la industria hacia un enfoque más sofisticado del proceso.

1.3 Temperatura de cocción

La temperatura para freír es aproximadamente 180°C. Temperaturas más bajas hacen que la fritura absorba demasiada grasa. Temperaturas muy altas, descomponen las grasas formando gases. La grasa demasiado caliente oscurece las frituras en la superficie rápidamente, pero internamente permanecen húmedas y crudas.

1.4 Consumo de grasa

El consumo de grasa al freír puede ser muy diverso y depende del tipo de grasa, la temperatura a la que se somete y la composición del alimento. El aceite de oliva se sabe que penetra menos en el alimento, por lo tanto se consume menos. A temperatura baja penetra mucha grasa en la fritura y a temperatura alta las grasas se descomponen formando humos, de las dos formas se consume más grasa.

La mayor influencia depende de la composición del alimento, alimentos ricos en azúcares o en grasas consumen mucha grasa al freír, mientras que todos los alimentos pasados por huevo para empanar, consumen menos grasa ya que las proteínas del huevo coagulan rápidamente impidiendo la posterior entrada de grasa.

1.5 Recomendaciones prácticas en la fritura

- No mezclar dos tipos de aceites distintos, ni aceites utilizados con aceites nuevos.
- Cada grasa tiene una temperatura de calentamiento y un punto de fusión propio, cuando una ya ha alcanzado la temperatura adecuada la otra todavía no, y en consecuencia pueden formarse cuerpos extraños. Este mismo hecho se produce con la mezcla del mismo aceite, utilizado y nuevo. La temperatura se consigue antes en el aceite usado, y por lo tanto puede quemarse, mientras que el nuevo no ha conseguido su temperatura adecuada.
- No sobrepasar las temperaturas máximas (aproximadamente 180°C). No sobrepasar el número de veces de frito que un aceite puede soportar y esto puede medirse por el color, viscosidad, olor, residuos, etc.
- Filtrar siempre el aceite o limpiar la freidora con frecuencia para que no queden residuos carbonosos, que pueden desarrollar mal sabor y productos tóxicos.
- Proteger al aceite del aire y de la luz, tapando las freidoras después del proceso.

2. SOLIDIFICACIÓN DEL ACEITE

Los aceites vegetales están constituidos por más del 98% de triglicéridos. Como resultado sus propiedades fisicoquímicas determinan la funcionalidad de los aceites. La cristalización es una de las propiedades fisicoquímicas más importantes de los triglicéridos.

Por medio de la cristalización, un aceite puede proporcionar distintas fracciones de triglicéridos con temperaturas particulares de cambio de fase (sólido-líquido) de interés para la industria alimentaria, o bien desarrollar la textura necesaria para formar un alimento (margarinas y cremas untables).

Como podemos darnos cuenta la solidificación o cristalización del aceite controlada nos brinda consistencias adecuadas para los distintos tipos de aceites y grasas.

Existen dos formas principales de cómo se solidifica del aceite, una de ellas es una manera controlada que nos sirve para dar la textura y consistencia adecuada de ciertos alimentos llamándosele hidrogenación. La otra manera de solidificación es debido a la temperatura la cual afecta directamente a la viscosidad del aceite y por lo general no siempre es de una manera controlada.

2.1 Solidificación del aceite debido a Hidrogenación

La hidrogenación es un cambio químico que se realiza a nivel molecular, para producir las modificaciones, que tienen como objetivo estabilizar los aceites y proveer de la consistencia adecuada a las materias grasas para su aplicación final. El proceso de hidrogenación se realiza sobre el aceite neutro-blanqueado y este debe estar muy purificado para llevarlo a cabo con buen resultado.

La hidrogenación es un proceso del tipo batch que se lleva a cabo en convertidores contruidos en acero, en los cuales se verifica una reacción en fase heterogénea, es decir, interactúa un gas líquido y en presencia de un catalizador sólido. Por este motivo, son reactores cerrados, diseñados para operar. El agitador se construye de modo que, el gas que es admitido por la parte inferior del convertidor este la mayor parte del tiempo en contacto con el aceite líquido. Una vez que el gas llegue al cabezal del reactor, con las paletas superiores del agitador se debe lograr succionar dicho gas. La reacción prosigue, en las curvas de temperatura que corresponda hasta que el operador verifique que se hayan obtenido las características finales del producto. Logradas estas condiciones, el lote de producción se descarga y se retira el catalizador por medio de filtración.

2.2 Solidificación del aceite debido a bajas temperaturas

Los términos aceite o grasa son tan solo términos referentes al punto de fusión del producto que utilizamos para freír, denominándose “aceite” al producto graso líquido a temperatura ambiente y “grasa” al producto graso sólido a temperatura ambiente. Debido a la ambigüedad que representa la variable “temperatura ambiente” nos podemos encontrar con una misma sustancia que sea “aceite” en un país tropical y “grasa” en un país nórdico.

La temperatura afecta grandemente la viscosidad de los fluidos, por lo cual este tema será ampliado en el siguiente capítulo.

3. MECÁNICA DE LOS FLUIDOS

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar cuan pequeño sea ese esfuerzo.

3.1 Generalidades del flujo de fluidos

Tres principios fundamentales que se aplican al flujo de fluidos son:

- a. El principio de la conservación de la masa, a partir del cual se establece la ecuación de continuidad.
- b. El principio de la energía cinética, a partir del cual se deducen ciertas ecuaciones aplicables al flujo.
- c. El principio de la cantidad de movimiento, a partir del cual se deducen ecuaciones para calcular las fuerzas dinámicas ejercidas por los fluidos en movimiento.

3.1.1 Presión promedio

La presión promedio es la fuerza normal que empuja contra un área plana dividida por el área. Si un fluido ejerce una presión contra las paredes de un recipiente, el recipiente ejercerá una reacción en el fluido que será compresiva. Los líquidos pueden sostener presiones compresivas muy elevadas.

3.1.2 Densidad relativa

Se define como la masa del fluido por unidad de volumen.

3.1.3 Tensión superficial

En la interfase entre un líquido o gas, o dos líquidos que no se puede mezclar, parece formarse en el líquido una película o capa especial, aparentemente debido a la atracción de moléculas del líquido bajo la superficie. Es un experimento sencillo el colocar una pequeña aguja en la superficie del agua en reposo y observar que es sostenida por la película.

La formación de esta película se puede visualizar con base en la energía superficial, o trabajo por unidad de área, requerida para traer las moléculas a la superficie.

3.2 Flujo de fluidos

El flujo de fluidos puede ser uniforme o no uniforme; laminar o turbulento; unidimensional, bidimensional o tridimensional, y rotacional o irrotacional.

3.2.1 Viscosidad

De todas las propiedades de los fluidos, la viscosidad requiere la mayor consideración en el estudio del flujo de fluidos. La viscosidad es aquella propiedad de un fluido por virtud de la cual ofrece resistencia al corte.

La ley de viscosidad de Newton afirma que dada una rapidez de deformación angular en el fluido, el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la viscosidad. La melaza y la brea son ejemplos de líquidos altamente viscosos; el agua y el aire tienen viscosidades muy pequeñas.

La viscosidad de un gas aumenta con la temperatura, pero la viscosidad de un líquido disminuye con la temperatura. La resistencia de un fluido al corte depende de su cohesión y de su rapidez de transferencia de la cantidad de movimiento molecular.

Un líquido, cuyas moléculas dejan espacios entre ellas mucho más cerrados que las de un gas, tiene fuerzas cohesivas mucho mayores que un gas.

La cohesión decrece con la temperatura, la viscosidad decrece también. Por otro lado, un gas tiene fuerzas cohesivas muy pequeñas. Mucha de su resistencia al esfuerzo cortante es el resultado de la transferencia de la cantidad de movimiento molecular.

Para presiones ordinarias, la viscosidad es independiente de la presión y depende solo de la temperatura. Para presiones muy grandes, los gases y la mayor parte de los líquidos han mostrado variaciones erráticas con la presión.

3.2.1.1 Viscosidad absoluta

Se expresa en Centipoises. Es un término utilizado intercambiamente con viscosidad para distinguirla de la viscosidad cinemática o viscosidad comercial. La viscosidad absoluta es la resistencia interna de un líquido a fluir. La unidad común de la viscosidad absoluta es el poise. Ocasionalmente se le refiere como viscosidad dinámica.

3.2.1.2 Viscosidad cinemática

Denominada también viscosidad absoluta, dividida por la densidad del fluido. La unidad de la viscosidad cinemática es el stoke o centistoke. La viscosidad Cinemática puede ser definida como el cociente de la viscosidad absoluta en centistoke, dividida por la gravedad específica de un fluido, ambos a la misma temperatura.

3.2.2 Número de Reynolds

El número de Reynolds, que es un grupo adimensional, viene dado por el cociente de las fuerzas de inercia por las fuerzas debidas a la viscosidad.

La existencia de dos clases diferentes de flujo viscoso es un fenómeno universalmente aceptado. En ocasiones puede verse un fluido correr en forma constante y uniforme a corta distancia de la fuente y después cambiar, abruptamente, para formar un patrón muy irregular e inestable.

El tipo de flujo ordenado ocurre cuando las capas adyacentes de fluido resbalan unas sobre otras, la mezcla entre capas o láminas se presenta, sin dificultad y solo a nivel molecular. Fue para este tipo de flujo que se obtuvo la relación de Newton para la viscosidad, para poder medir la viscosidad debe existir este flujo laminar.

El segundo tipo de flujo, en el cual se transfieren pequeños paquetes de partículas de fluido, de una capa a otra, se llama flujo turbulento.

La transición de flujo laminar a flujo turbulento en los tubos es una función de la velocidad del fluido. Reynolds descubrió que la velocidad del flujo era solamente una de las variables determinantes de la naturaleza del flujo dentro de los tubos, las otras son: el diámetro del tubo, la densidad del fluido y su viscosidad. Estas cuatro variables, combinadas en un solo parámetro adimensional, forman el número de Reynolds, cuyo símbolo es Re , en honor de Osborne Reynolds y sus importantes contribuciones a la mecánica de fluidos, d es el diámetro del tubo, ρ es la densidad del fluido, v es la velocidad y μ es su viscosidad.

Pequeñas perturbaciones en los alrededores como vibraciones pueden ocasionar la transición de flujo laminar a flujo turbulento en el fluido, dependiendo del número de Reynolds.

$$Re \equiv dpv/\mu$$

3.2.3 Capa límite

La observación de una región de influencia decreciente de esfuerzo cortante al aumentar el número de Reynolds, llevo a Ludwig Prandtl, en 1904, al concepto de capa límite. De acuerdo con la hipótesis de Prandtl los efectos de la fricción de los fluidos para valores grandes de los números de Reynolds, se limitan a una capa delgada próxima a la superficie de un cuerpo, de aquí el término de Capa Limite.

Más aun, no hay ningún cambio importante de presión a lo largo de la capa límite. Esto significa que la presión en la capa límite es la misma que en el fluido no viscoso que esta fuera de la capa límite. La importancia de la teoría de Prandtl esta en que permite simplificar el tratamiento analítico de los fluidos viscosos.

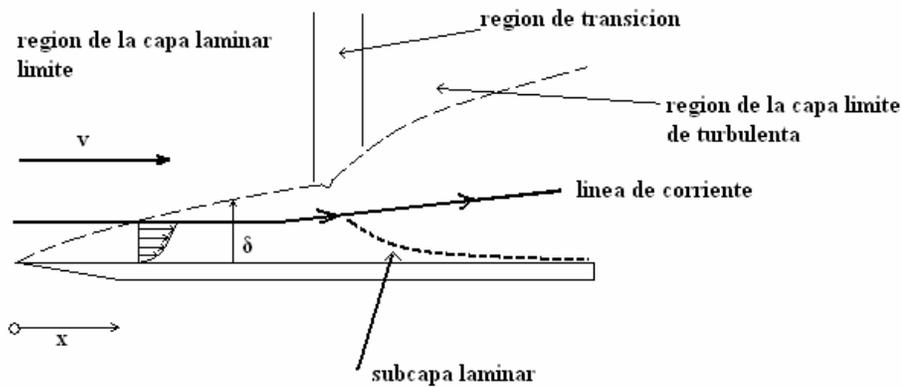
La presión, por ejemplo, se puede obtener experimentalmente, o a partir de la teoría de los fluidos no viscoso. Por lo tanto, las únicas incógnitas son las componentes de la velocidad.

La capa límite sobre una placa plana puede verse en la figura 1, el grosor de la capa límite, δ , se toma arbitrariamente, como la distancia desde la superficie, hasta donde la velocidad alcanza el 99% de la velocidad de la corriente libre. Se ha exagerado el grosor a favor de la claridad.

La figura 1 muestra la forma en la que aumenta el grosor de la capa con la distancia, x , del borde de ataque. Para valores relativamente pequeños de x , el flujo que tiene lugar dentro de la capa límite es laminar y a esto se le denomina región de capa límite laminar.

Para valores mas grandes de x aparece la región de transición donde la fluctuación entre los flujos laminar y turbulento ocurre dentro de la capa límite. Finalmente, para un cierto valor de x , y arriba de este, la capa límite siempre es turbulenta.

Figura 1 Capa límite en una placa plana (se ha exagerado el grosor a favor de la claridad)



Victor L. Streeter, E. Benjamin Wylie
Mecánica de los Fluidos

En la región en la cual la capa límite es turbulenta, existe una película muy delgada de fluido, llamada sub-capa laminar, en la cual el flujo todavía es laminar y existen gradientes grandes de velocidad. Para un flujo que pasa por una placa plana (figura 1), los datos experimentales indican lo siguiente:

- | | |
|---|---|
| a) $Re < 2e5$ (200,000) | la capa límite es laminar |
| b) $2e5$ (200,000) $< Re < 3e6$ (3,000,000) | la capa límite puede ser laminar o turbulenta |
| c) $3e6$ (3,000,000) $< Re$ | la capa límite es turbulenta |

3.2.4 Velocidad crítica

La velocidad crítica de interés práctico para el ingeniero es aquella velocidad por debajo de la cual toda turbulencia es amortiguada por la acción de la viscosidad del fluido.

La experiencia demuestra que un límite superior para el régimen laminar, en tuberías, viene fijado por un valor del número de Reynolds alrededor de 2000, en la mayoría de los casos prácticos.

3.3 Flujo de fluidos en tuberías

Se aplicara el principio de la energía a la solución de problemas prácticos de flujos en tuberías, que frecuentemente se presentan en ingeniería.

El flujo de un fluido real es mucho más complejo que el de un fluido ideal. Debido a la viscosidad de los fluidos reales, en su movimiento aparecen fuerzas cortantes entre las partículas fluidas y las paredes del contorno y entre las diferentes capas de fluido. Existen dos tipos de flujos permanentes en el caso de fluidos reales, que es necesario considerar y entender. Estos se llaman flujo laminar y flujo turbulento.

3.3.1 Flujo laminar

En el flujo laminar las partículas fluidas se mueven según trayectorias paralelas, formando el conjunto de ellas capas o laminas. Los módulos de las velocidades de capas adyacentes no tienen el mismo valor.

El flujo laminar esta gobernado por la ley que relaciona la tensión cortante con la velocidad de deformación angular, es decir, la tensión cortante es igual al producto de la viscosidad del fluido por el gradiente de las velocidades. La viscosidad del fluido es la magnitud física predominante y su acción amortigua cualquier tendencia a la turbulencia.

3.3.2 Flujo turbulento

En este flujo las partículas fluidas se mueven de forma desordenada en todas las direcciones. Es imposible conocer la trayectoria de una partícula individualmente.

3.3.3 Distribución de las velocidades

La distribución de velocidades en una sección recta seguirá una ley de variación parabólica en el flujo laminar. La velocidad máxima tiene lugar en el eje de la tubería y es igual al doble de la velocidad media. En los flujos turbulentos resulta una distribución de velocidades mas uniforme.

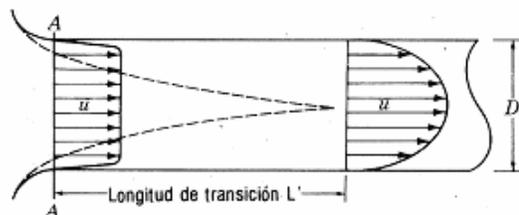
3.3.4 Flujos internos

El movimiento de un fluido real esta determinado por una frontera. Las partículas del fluido en la pared permanecen en reposo, en contacto con ella. En el campo del flujo existe gradiente de velocidad en la vecindad de la pared, región llamada la capa limite. Una fuerza cortante retardada es aplicada al fluido en la pared, siendo la capa limite frontera una región de esfuerzos cortantes grandes.

Se estudian flujos restringidos por las paredes, en los que el efecto de la frontera es capaz de extenderse a través de todo el flujo. La influencia de la frontera es fácil de visualizar a la entrada de un tubo de un deposito (figura 2).

En la sección A-A, cerca de una entrada bien redondeada, el perfil de la velocidad es casi uniforme en toda la sección transversal. La acción del esfuerzo cortante en la pared es el de retardar el flujo cerca de la pared.

Figura 2 Zona de entrada de una tubería



Victor L. Streeter, E. Benjamin Wylie
Mecánica de los Fluidos

Debido a la continuidad, la velocidad debe aumentar en la región central. Mas allá de una longitud de transición L el perfil de velocidad es fijo, ya que la influencia de la frontera se ha extendido a la línea central del tubo. La longitud de transición es una función del número de Reynolds. En flujo turbulento, la capa límite crece con mayor rapidez y la longitud de transición es considerablemente más corta que la dada por la ecuación siguiente,

$$L'/d = 0.058Re$$

De donde L' es la longitud de transición, d el diámetro y Re el número de Reynolds.

4. VARIABLES METEOROLÓGICAS QUE INFLUYEN EN EL CLIMA GUATEMALTECO

La meteorología es una parte de la física, que tiene por objeto el estudio de los diferentes fenómenos físicos que se producen en la atmósfera, tales como los vientos, lluvias, tempestades, tormentas, etc., cuyos elementos se hallan sujetos a variaciones continuas, por cuya causa se acude para sus estudios al llamado “método de las medias” que consiste en hallar el valor medio de un elemento una vez conocidos los valores sucesivos porque ha pasado un cierto tiempo, como por ejemplo ocurre con la temperatura, que no puede pasar de un valor a otro sin tomar en el intervalo todos los valores intermedios. Las medidas meteorológicas pueden ser diarias, mensuales o anuales, según que correspondan a los periodos de tiempo de un día, un mes o un año.

La causa principal de todos los fenómenos meteorológicos reside en el calor que envía el Sol, y la manera que este calor es absorbido o irradiado por la superficie terrestre, cuyo estudio constituye la Actinometría. Algunas variables se miden con sensores opcionales y otras son calculadas por la alguna Estación meteorológica.

4.1 Viento

El aire atmosférico en movimiento, que es lo que propiamente constituye el viento, corre por lo común en dirección horizontal y rara vez en sentido vertical.

La dirección del viento suele comprobarse con el auxilio de una flecha horizontal, llamada veleta, la cual se monta generalmente al extremo de un eje vertical sobre el que gira, a su vez se coloca en lo alto de un edificio para que pueda recibir mejor el impulso del viento. En este eje vertical constan los cuatro puntos cardinales: N, S, E y O, para facilitar la apreciación del rumbo que la veleta señala.

La intensidad del viento se mide con los anemómetros que son de dos clases: unos llamados de velocidad, dan la velocidad del viento en metros por segundo y los de presión, dan la medida en kilómetros por metro cuadrado de superficie normal.

4.2 Temperatura

La temperatura de sensación se considera cómo la velocidad del viento afecta nuestra percepción de la temperatura del aire. Nuestro cuerpo calienta las moléculas de aire que nos rodean transfiriendo calor a la piel. Si no hay movimiento del aire, esta capa permanece al lado del cuerpo y hace de protección contra moléculas de aire más frías. Sin embargo, si el viento sopla se lleva esta capa lejos del cuerpo. Cuanto más rápidamente sopla el viento más rápidamente se lleva el calor y se siente más frío. Por encima de los 33° C el movimiento del aire no tiene efecto aparente sobre la temperatura, así que la temperatura de sensación es la misma que la exterior.

4.2.1 Índice de calor

Para calcular el índice de calor, la estación meteorológica utiliza la temperatura y la humedad relativa para determinar cómo se percibe realmente el aire. Cuando la humedad es baja, la temperatura aparente puede ser menor que la temperatura del aire, puesto que la transpiración se evapora para enfriar el cuerpo.

Sin embargo cuando la humedad es alta (el aire está saturado por vapor de agua) la temperatura aparente parece mayor que la actual, debido a que la transpiración se evapora más lentamente.

4.3 Humedad relativa

La humedad por si sola se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Sin embargo la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener varía según la temperatura y la presión.

La humedad relativa considera estos factores y ofrece una lectura de humedad que refleja la cantidad de vapor de agua como un porcentaje de la cantidad de vapor de agua que el aire es capaz de contener.

La humedad relativa, además, no es realmente una medida de la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, sino una relación del vapor de agua contenido según su capacidad. Es importante darse cuenta que la humedad relativa cambia con la temperatura, la presión y el vapor de agua contenido. Una porción de aire con capacidad para 10gr de vapor de agua contiene 4gr de vapor de agua, la humedad relativa es del 40%. Añadiendo 2gr más de vapor de agua (en total 6gr) cambiará la humedad relativa al 60%. Si la misma porción de aire es calentada alcanzará una capacidad de 20gr de vapor de agua, la humedad relativa será del 30% aunque la cantidad de vapor no ha cambiado. La humedad relativa es un factor importante en la determinación de la cantidad de evaporación de las plantas y las superficies húmedas ya que el aire caliente con una humedad baja tienen gran capacidad extra de vapor de agua.

Para medir la humedad se usan los girómetros y picrómetros. Cuando en la atmósfera sobreviene un enfriamiento suficiente, se produce la condensación del vapor de agua contenido en aquella originando las nubes, las cuales se clasifican en: Cirros, nubes en filamentos; Cúmulos, nubes redondeadas o amontonadas; Estratos, nubes de capas uniformes extendidas y Nimbus, nubes negras, confusas, de donde cae la lluvia. Para medir la altura de las nubes se usa el nefoscopio, que observa además la dirección y velocidad aparente de las nubes.

4.4 Punto de rocío

El punto de rocío es la temperatura a la cual el aire debe ser enfriado para que ocurra la saturación, siempre que no haya un cambio en el agua contenida. El punto de rocío es una medida importante utilizada para predecir la formación de rocío, hielo y niebla. Si la temperatura y el punto de rocío están cercanos en la misma tarde cuando el aire empieza a volverse frío, es probable que se forme niebla durante la noche.

El punto de rocío es también un buen indicador del vapor de agua contenido en el momento, al contrario que la humedad relativa que considera la temperatura del aire. Un punto de rocío alto significa que hay mucho vapor de agua contenido. Un valor bajo significa poco vapor de agua contenido. Además un alto punto de rocío indica probabilidad de lluvia y tormentas.

La lluvia se mide por la altura que sobre el suelo ocuparía el agua recibida, suponiéndola estacionada sobre el mismo, sin filtraciones ni evaporaciones evaluada dicha altura en milímetros con el instrumento usado para tal medida denominado pluviómetro.

Al condensarse el vapor de agua de la atmósfera en un medio con temperatura inferior a cero grados, toma el estado sólido formándose el hielo, que si afecta formas cristalinas constituyendo la nieve, y si forma masas amorfas sin trazas de cristalización, el granizo, cuya caída produce siempre estragos debido no tanto a su masa como a la gran velocidad con que cae sobre el suelo.

4.5 Presión atmosférica

El peso del aire de nuestra atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud.

Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña. Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar.

La presión atmosférica también cambia con las condiciones meteorológicas locales, haciendo que la presión atmosférica sea una herramienta extremadamente importante en las previsiones del tiempo.

Zonas con altas presiones son generalmente asociadas con el "buen" tiempo mientras que zonas con bajas presiones son asociadas con "mal" tiempo. Para la previsión del tiempo, sin embargo, el valor absoluto de la presión barométrica es menos importante que el cambio en la presión barométrica.

En general, una subida de la presión indica mejoras en las condiciones del tiempo y una caída indica un deterioro de las mismas.

4.6 Condiciones climáticas guatemaltecas

Las condiciones climáticas están determinadas por la latitud y la altitud. La pluviosidad es más intensa en el Atlántico, donde actúan los vientos húmedos del Caribe que prolongan la estación húmeda, habitualmente comprendida entre mayo y octubre. Las precipitaciones, del orden de los 4000 mm anuales, son menos intensas en el Pacífico, donde la estación seca dura más. La vegetación ofrece tres aspectos: tropical de selva húmeda, en las costas, de tierras calientes; la vegetación atlántica, de bosques de maderas preciosas; la sabana, que aparece en zonas del interior; la vegetación semitropical prospera en alturas de hasta 1800 m, y por encima de ellos crecen las coníferas, encinas y helechos arborescentes.

4.6.1 Clima tropical

La persistencia de altas temperaturas a lo largo de todo el año es el rasgo esencial del clima tropical. Los rayos solares a mediodía no están nunca lejos de la vertical; por eso la cantidad de calor recibida es grande y varía poco a lo largo del año. Los climas tropicales no conocen el invierno; la temperatura media del mes menos cálido es superior a 18°C. Pero esta media de 18° C. es la mínima de las medias; habitualmente los países tropicales registran en el mes menos cálido temperaturas medias de 23°, 24°. La amplitud térmica puede alcanzar 10° C. (por ejemplo 21° C. y 31° C. de medias mensuales extremas).

La humedad del aire de los climas tropicales lluviosos dificulta la penetración de los rayos solares, modera la irradiación terrestre y, en suma, eleva al máximo la eficacia del "efecto invernadero".

La principal característica pluviométrica de este tipo de climas, es que las lluvias no son constantes, aparece una estación seca en torno al solsticio de invierno que aumenta a medida que nos alejamos del Ecuador hacia los Trópicos. El volumen total de precipitaciones puede variar mucho, pero la precipitación mínima mensual nunca es inferior a 100 mm. Las estaciones del año se caracterizan por las lluvias.

4.6.2 Clima de alta montaña

En las montañas la temperatura disminuye con la altitud, mientras que aumentan las precipitaciones. La montaña, en este sentido, altera las características de la zona climática en la que se sitúa. Por este motivo, no se pueden establecer unos rasgos con validez universal que lo definan, aunque sus variedades climáticas son fácilmente reconocibles, como el clima alpino. Presenta unas temperaturas invernales negativas y unas estivales positivas, aunque la temperatura media anual se establece en torno a los 0 °C; la oscilación térmica es inferior a los 20°C y las precipitaciones, más abundantes en verano que en invierno, superan los 1000 mm anuales.

4.6.3 Clima ecuatorial

Las temperaturas son muy elevadas a lo largo de todo el año. La duración día/noche y la posición de los rayos solares varía mínimamente a lo largo del año, lo que unido al elevado grado de humedad produce un calor asfixiante.

Todos los meses la media de temperaturas es superior a los 18° C. Pero no son los climas más cálidos del planeta, los superan algunos tropicales y los desiertos cálidos.

La temperatura media mensual suele situarse entre los 20° y los 27°C. La característica fundamental de estos climas en cuanto a las temperaturas es su escasa amplitud térmica anual. La diferencia entre el mes más frío y el mes más cálido no supera los 3° C. La amplitud térmica diurno/nocturna es también muy reducida, aunque algo más elevada que la anual.

La humedad relativa es también muy elevada durante todo el año. El total de precipitaciones anuales suele superar los 2000 mm. Y se reparten a lo largo de todo el año. No tiene meses secos, aunque si existen meses más o menos lluviosos.

Las mayores precipitaciones coinciden con los equinoccios, mientras que los mínimos se producen en los solsticios. Las precipitaciones son de tipo termoconvectivo.

Las elevadas y constantes temperaturas hacen que el aire cálido se esté elevando de forma constante, creando los centros de bajas presiones que predominan en estas áreas.

Al elevarse el aire se va enfriando y al estar muy cargado de humedad y muy cercano al punto de saturación, una pequeña disminución de la temperatura provoca la condensación y precipitaciones.

En las últimas horas del día cuando las temperaturas descienden un poco se suelen producir la mayor parte de las precipitaciones.

4.7 Temperaturas medias en los distintos departamentos de Guatemala

En nuestro país quien tiene a su cargo la medición de todos los fenómenos meteorológicos es el INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). Esta institución tiene distintas estaciones en todo el país que monitorean diariamente las condiciones climáticas.

A continuación se muestra una tabla que detalla las temperaturas promedio máximas y mínimas en el periodo 2002 – 2003, también se muestra el departamento la altura y el nombre de la estación meteorológica del INSIVUME donde se obtuvieron los datos.

Tabla I Temperaturas promedio máximas y mínimas de los distintos departamentos de Guatemala 2002 - 2003

Departamento	Temperatura		Altura (mts.)	Estacion
	Max. (°C)	Min. (°C)		
Alta Verapaz	35.0	11.3	1323.0	Coban
Baja Verapaz	32.1	12.1	1000.0	San Jeronimo
Chimaltenango	25.6	2.4	2080.0	Balanya
Chiquimula	31.2	15.1	950.0	Esquipulas
El Peten	36.2	13.0	123.0	Flores
El Progreso	37.3	17.0	370.0	Morazan
Escuintla	35.5	18.0	6.0	Puerto San Jose
Guatemala	28.5	12.5	1502.0	INSIVUMEH
Huehuetenango	28.6	6.0	1870.0	Huehuetenango
Izabal	33.7	19.0	2.0	Puerto Barrios
Jalapa	32.4	9.4	960.0	Ceibita
Jutiapa	33.0	14.3	980.0	Quesada
Quetzaltenango	24.3	1.2	2380.0	Laborov
Quiche	25.7	7.0	1880.0	Chinique
Retalhuleu	35.6	20.1	205.0	Retalhuleu
Sacatepequez	23.7	4.1	2105.0	Suiza Cont.
San Marcos	23.2	3.4	2420.0	San Marcos
Santa Rosa	34.2	12.5	737.0	Los Esclavos
Solola	26.5	10.0	1580.0	SantiagoAtitlan
Zacapa	36.6	18.1	210.0	La Fragua

INSIVUMEH

5. TRANSFERENCIA DE CALOR

Entre dos cuerpos que se encuentran a diferente temperatura se establece un cambio de energía de modo que, mientras el mas caliente se enfría, el mas frío se calienta. Esta forma de energía en movimiento, recibe el nombre de calor. Todas las formas de energía pueden dar lugar a que se incremente la energía interna de un cuerpo y, por ello, pueda este ceder energía a otros cuerpos en forma de calor.

5.1 Tipos de transferencia de calor

5.1.1 Conducción

La transferencia del calor por medio de la conducción se logra a través de interacción molecular, en el cual las moléculas de niveles energéticos relativamente mayores (indicados por su temperatura) ceden energía a moléculas adyacentes en niveles inferiores. Este tipo de transferencia sucede en los sistemas que tienen moléculas de sólidos, líquidos o gases y en los que hay un gradiente de temperatura.

La facilidad que tienen los sólidos para conducir el calor varía directamente con la concentración de electrones libres; en consecuencia, se espera que los metales puros sean los mejores conductores de calor y de la corriente eléctrica.

La conductividad térmica es una propiedad muy importante de un material o medio. En gran parte, el valor de la conductividad determina la adaptabilidad de un material para un uso determinado.

Para los gases, los valores de la conductividad térmica muestran un incremento con el aumento de la temperatura, lo que se debe a que la mayor agitación de las moléculas gaseosas a las temperaturas elevadas produce una mayor frecuencia de choque con el correspondiente aumento en las relaciones de intercambio molecular.

En los materiales sólidos y líquidos, a diferencia de los gases, la conductividad térmica es esencialmente independiente de la presión y mucho menos en función de la temperatura.

5.1.2 Convección

Este tipo de transferencia involucra el intercambio de energía entre un fluido y una superficie o interfase.

Hay dos clases de procesos convectivos, la convección forzada en esta se fuerza el movimiento de un fluido por una superficie debido al efecto de un agente externo tal como un ventilador o bomba y la convección natural o libre es en la que los cambios de densidad en el fluido a consecuencia del intercambio de energía provocan un movimiento natural del fluido.

La dificultad para describir los fenómenos convectivos radica en la evaluación del coeficiente de la película. La ecuación de Newton o Ley de enfriamiento evalúa la transferencia de energía asociada con los cambios de fase, en especial entre las fases líquida y de vapor.

5.1.3 Radiación

La transferencia de calor por radiación no requiere de un medio para propagarse. De hecho, el intercambio radiante entre las superficies es máximo cuando no hay material que ocupe el espacio intermedio. El intercambio de energía radiante puede ocurrir entre dos superficies, entre una superficie y un gas o medio participante, o puede involucrar una interacción compleja entre varias superficies y fluidos participantes. La transferencia de energía por radiación es un fenómeno electromagnético cuya naturaleza exacta no se conoce. Sin embargo, es posible tratar este tema tan complejo con razonable exactitud.

5.2 Intercambiadores de calor

Un intercambiador de calor es un componente que tiene como función fundamental transferir energía almacenada de un fluido a otro fluido.

Se clasifica a un intercambiador de acuerdo con su configuración. La información que lleva esta clasificación es: las direcciones de flujo relativo de las dos corrientes fluidas y el número de fases que hace cada fluido al recorrer el intercambiador.

A las direcciones relativas de flujo de las corrientes de fluido se les llaman:

- Flujo de contra flujo o contracorriente cuando las corrientes de fluido fluyen en direcciones opuestas.
- Flujo con corriente o flujo paralelo cuando las corrientes fluyen en la misma dirección.
- Flujo cruzado si las corrientes de fluido fluyen perpendiculares entre si.

El diseño de los intercambiadores de calor generalmente comienza con la determinación del área requerida para transferir el calor necesario entre las corrientes fluidas que entran a temperaturas especificadas con determinadas razones de flujo. Otras cantidades de interés son las temperaturas de salida de las dos corrientes.

Se han desarrollado distintas configuraciones de intercambiadores de calor para incorporar el área requerida de transferencia de calor en un volumen tan pequeño como sea posible.

Un tipo común de configuración de intercambiador de compacto es el denominado de coraza y tubo, en el cual una cámara grande (la coraza) aloja muchos tubos que pueden hacer una, dos o muchas pasadas dentro de la coraza.

Los intercambiadores de calor de coraza y tubos pueden ser enormes, con dimensiones de muchos metros de diámetro y longitud, y pueden incluir millares de tubos. Se pueden incorporar varias pasadas de tubos a una sola coraza; es raro que se usen más de dos pasadas de coraza.

Se debe mencionar brevemente la determinación del fluido que se necesita usar en los tubos y en la coraza. Un aspecto práctico es el de limpieza. Si un fluido es muy corrosivo o genera películas o nata en la superficie sólida, generalmente se utiliza del lado de los tubos debido a que se pueden limpiar las paredes interiores de los mismos con relativa facilidad comparada con sus partes externas y el resto de la de caída de presión y/o los requerimientos de bombeo para los dos fluidos.

Generalmente se encuentra la mayor caída de presión del lado del tubo; en consecuencia, esto influye en la selección de los fluidos para este intercambiador. Otras consideraciones, específicas a determinada aplicación, pueden controlar la selección de los fluidos del lado de los tubos y del lado de la coraza.

El análisis de los intercambiadores compactos, de coraza y tubo es relativamente complejo comparado con el caso de una sola pasada. De hecho, cada uno de estos arreglos complejos es solamente una combinación de distintos efectos de un solo paso. Por tal, es conveniente considerar inicialmente el caso de un solo paso.

5.2.1 Análisis de intercambiador de calor de un solo paso

En la figura 3 se representan los perfiles de temperatura para las corrientes de fluido en dos configuraciones básicas de paso sencillo y doble tubería

Figura 3 Perfiles de temperatura para dos configuraciones de intercambiadores de calor de una sola pasada y doble tubería a) flujo paralelo b) contraflujo



Transferencia de Calor Aplicada a la Ingeniería
James R. Welty

En cada uno de los casos mostrados, la variación de temperatura de las dos corrientes del fluido es intuitivamente correcta. Note que la temperatura del fluido mas caliente T_h (T_{h0} = entrada, T_{h1} =salida), disminuye al liberar calor.

En forma análoga, la temperatura del fluido frío T_c (T_{c0} =entrada, T_{c1} =salida) se eleva conforme la corriente pasa a través del intercambiador.

Se muestran las direcciones de las corrientes de los fluidos de condensación y de evaporación; los perfiles son los mismos, sin considerar si las corrientes fluyen en paralelo o en contra flujo.

Con referencia a la figura 3 es aparente que hay una diferencia básica en el potencial de transferencia de calor de las configuraciones de flujo paralelo y contra flujo. La segunda ley de la termodinámica requiere que en cualquier posición a lo largo de un intercambiador de calor de doble tubería, no puede haber intercambio de papeles entre las corrientes que entran como fluidos “caliente” y “frío” es decir la temperatura de salida de los fluidos será proporcional a la temperatura de los fluidos a la entrada del intercambiador de calor (el fluido con mas calor a la entrada seguirá teniendo mas calor que el otro a la salida).

Si se extiende un intercambiador para proporcionar área infinita de transferencia de calor en el límite, las dos corrientes en el intercambiador de flujo paralelo saldrían a la misma temperatura cuando la única corriente de fluido sale en el caso de un intercambiador de calor de tipo abierto.

Por otra parte, en el caso de un intercambiador de flujo contrario con área infinita, una de las corrientes de fluido saldría a la temperatura de entrada de la otra corriente. En breve se consideraran estos dos límites con mayor detalle. Por ahora basta observar que el potencial de transferencia de calor para un par dado de fluidos en un intercambiador dado de calor, es mayor para el contra flujo que para el flujo paralelo. En consecuencia, la configuración de contra flujo de un solo paso es la que estudiaremos primero para un análisis detallado.

5.2.2 Formación de sarro en un intercambiador de calor

Cuando se ha mantenido en uso prolongado un intercambiador de calor, es seguro que se forme sarro en las superficies de los tubos o que se deteriore la propia superficie debido a la corrosión. Con el tiempo, estos efectos alteran el funcionamiento del intercambiador. A la superficie de transferencia de calor que se ha afectado en esa forma se le llama “sucia”.

Normalmente se considera que una superficie sucia es la que presenta alguna resistencia adicional a la transferencia del calor debido a la acumulación de materias extrañas o “sarro”. Esta resistencia térmica adicional provoca en forma natural que la transferencia de calor sea inferior a la correspondiente en el caso que no haya resistencia por formación de sarro.

Predecir la acumulación de sarro o el efecto correspondiente en la transferencia del calor es una labor muy difícil. Se puede evaluar el desempeño real de un intercambiador de calor después de un periodo de servicio, y de ahí determinar la resistencia por formación de sarro.

5.3 Calderas

Las calderas o generadores de vapor son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan o calientan el agua para aplicaciones industriales.

5.3.1 Elementos de una caldera

Las calderas de vapor, constan básicamente de 2 partes principales:

5.3.3.1 Cámara de agua

Recibe este nombre el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera, el nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cms por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. Con esto, a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma la cámara de agua. Según la razón que existe entre la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción, se distinguen calderas de gran volumen, mediano y pequeño volumen de agua. Las calderas de gran volumen de agua son las más sencillas y de construcción antigua, se componen de uno a dos cilindros unidos entre sí y tienen una capacidad superior a 150HLt de agua por cada m² de superficie de calefacción.

Las calderas de mediano volumen de agua están provistas de varios tubos de humo y también de algunos tubos de agua, con lo cual aumenta la superficie de calefacción, sin aumentar el volumen total del agua. Las calderas de pequeño volumen de agua están formadas por numerosos tubos de agua de pequeño diámetro, con los cuales se aumenta considerablemente la superficie de calefacción.

Como características importantes podemos considerar que las calderas de gran volumen de agua tienen la cualidad de mantener más o menos estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero tienen el defecto de ser muy lentas en el encendido y debido a su reducida superficie producen poco vapor, adicionalmente son muy peligrosas en caso de explosión y poco económicas.

Por otro lado, las calderas de pequeño volumen de agua, por su gran superficie de calefacción, son muy rápidas en la producción de vapor, tienen muy buen rendimiento y producen grandes cantidades de vapor, debido a esto requieren especial cuidado en la alimentación del agua y regulación del fuego, pues de faltarles alimentación, pueden secarse y quemarse en breves minutos.

5.3.3.2 Cámara de vapor

Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, el cual debe ser separado del agua en suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor. Adicionalmente las calderas tienen dentro de su configuración gran cantidad de elementos en cuanto a operación y control.

Adicionalmente un sistema de generación de vapor tiene:

Válvulas de seguridad

Válvulas reguladoras de flujo

Bomba de alimentación

Tanque de condensados

Trampas de vapor

Redes de distribución

Equipos consumidores

Sistemas de recuperación de calor

5.3.4 Caldera pirótubular

En este tipo de calderas los gases de combustión circulan por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-300 PSI.

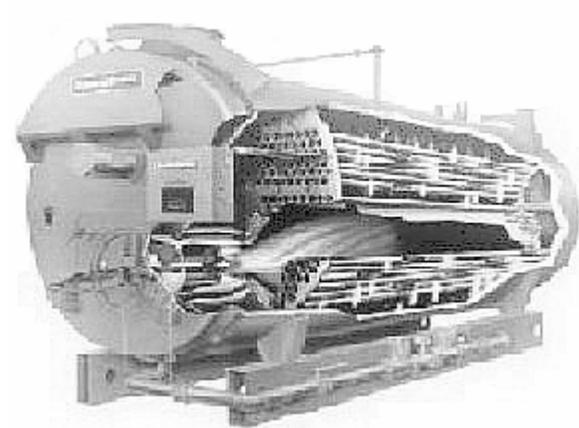
Ventajas:

- Menor costo inicial debido a la simplicidad de su diseño.
- Mayor flexibilidad de operación.
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación.
- Son pequeñas y eficientes.

Desventajas:

- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- No son empleables para altas presiones.

Figura 4 Caldera pirótubular



5.3.5 Caldera acuatubular

En este tipo de calderas el agua circula por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-2200 PSI.

Ventajas:

- Pueden ser puestas en marcha rápidamente y trabajan a 300 o mas psi.

Desventajas:

- Mayor tamaño y peso, mayor costo.
- Debe ser alimentada con agua de gran pureza.

5.3.6 Elementos de funcionamiento de una caldera

Fuego: Debe existir un buen proceso de combustión.

Agua: Deben existir rigurosos controles de su calidad.

Áreas de Intercambio de Calor: Los tubos y superficies de intercambio deben estar en optimas condiciones de limpieza.

5.3.4.1 Fuego

El proceso de combustión es de gran importancia en la operación de las calderas, debe ser lo mas optimo posible en cuanto a su consumo y además amigable con el medio ambiente.

Para que se de el proceso de combustión es necesario que exista un combustible, un comburente (aire) y un agente externo que produzca la ignición (chispa), cuando esto ocurre se da una reacción química del combustible con el oxígeno, para producir gases de combustión y liberar energía en forma de trabajo y calor, la cual es aprovechada en las calderas para evaporar el agua.

A continuación se muestran los diferentes tipos de combustibles; algunos de ellos utilizados para la combustión en calderas:

Madera, turbas, lignitos, hullas, antracita, residuos vegetales, choques, briquetas, aglomerados, carbón vegetal, derivados del petróleo, gas natural, gases artificiales, combustibles industriales.

5.3.4.2 Agua

El agua obtenida de ríos, pozos y lagos es denominada agua bruta y no debe utilizarse directamente en una caldera.

El agua para calderas debe ser tratada químicamente mediante procesos de descarbonatación o ablandamiento, o desmineralización total, adicionalmente, según la presión manejada por la caldera, es necesario controlar los sólidos suspendidos, sólidos disueltos, dureza, alcalinidad, sílice, material orgánico, gases disueltos (CO₂ y O₂), de no llevarse a cabo este tipo de tratamiento, la caldera sufrirá problemas de incrustaciones, sedimentación, desgaste por material particulado, etc.

5.3.4.3 Superficie de intercambio de calor

La tubería por la que circulan los gases en las calderas pirotubulares o el agua en las acuatubulares es fundamental para una eficiente transferencia de calor. De la buena combustión y tratamiento de agua, así como de las características físicas del material de intercambio de calor depende que el flujo de energía de los gases de combustión hacia el agua sea lo más eficiente posible.

5.3.7 Mantenimiento en calderas

Desarrollar un programa de mantenimiento permite que la caldera funcione con un mínimo de paradas en producción, minimiza costos de operación y permite un seguro funcionamiento.

El mantenimiento en calderas puede ser de tres tipos:

- Correctivo
- Preventivo
- Predictivo

El mantenimiento en calderas debe ser una actividad rutinaria, muy bien controlada en el tiempo. Es por ellos que se recomiendan las siguientes actividades a corto, media y largo plazo.

5.3.5.1 Mantenimiento diario

- 1) Ciclo de funcionamiento del quemador.
- 2) Control de la bomba de alimentación.
- 3) Ubicación de todos los protectores de seguridad.
- 4) Control rígido de las purgas.
- 5) Purga diaria de columna de agua.
- 6) Procedimiento en caso de falla de suministro.
- 7) Tipo de frecuencia de lubricación de suministro de motores y rodamientos.
- 8) Limpieza de la boquilla del quemador y del electrodo de encendido (si es posible).
- 9) Verificación de la temperatura de agua de alimentación.
- 10) Verificación de limpieza de mallas a la entrada del aire al ventilador, filtro de aire en el compresor, filtros de combustible, área de la caldera y sus controles.
- 11) Precauciones al dejar la caldera fuera de servicio, en las noches o fines de semana.
- 12) Verificación de combustión.
- 13) Verificación de presión, producción de vapor y consumo de combustible.

5.3.5.2 Mantenimiento mensual

- 1) Limpieza de polvo en controles eléctricos y revisión de contactos.
- 2) Limpieza de filtros de las líneas de combustible, aire y vapor.
- 3) Mantenimiento a todo el sistema de agua: filtros, tanques, válvulas, bomba, etc.
- 4) Engrasar motores.
- 5) Desmonte y limpieza del sistema de combustión.
- 6) Verificar estado de la cámara de combustión y refractarios.
- 7) Verificar estado de trampas de vapor.
- 8) Limpieza cuidadosa de columna de agua.
- 9) Verificar acoples y motores.
- 10) Verificar asientos de válvulas y grifos.
- 11) Verificar bloqueos de protección en el programador.
- 12) Dependiendo del combustible incluir limpieza del sistema de circulación de gases.

5.3.5.3 Mantenimiento semestral

- 1) Lavado interior al lado del agua, removiendo incrustaciones y sedimentos.
- 2) Verificar si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación al lado del agua.
Análisis periódico del agua.
- 3) Utilizar empaques nuevos en tapas de inspección de mano y hombre.
- 4) Cambiar correas de motor si es necesario. Revisar su tensión.
- 5) Limpiar los tubos del lado de fuego, pues el hollín es un aislante térmico.
- 6) Verificar hermeticidad de las tapas de inspección al llenar la caldera.
- 7) Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad.

5.3.5.4 Mantenimiento anual

- 1) Cambio de empaques de la bomba de alimentación si es necesario.
- 2) Mantenimiento de motores en un taller especializado. Desarme total con limpieza y Prueba de aislamientos y bobinas.
- 3) De acuerdo a un análisis del agua y las condiciones superficiales internas de la caldera, se determina si es necesario realizar una limpieza química de la caldera.

5.4 Ley de Joule

Podemos describir el movimiento de los electrones en un conductor como una serie de movimientos acelerados, cada uno de los cuales termina con un choque contra alguna de las partículas fijas del conductor. Los electrones ganan energía cinética durante las trayectorias libres entre choques, y ceden a las partículas fijas, en cada choque, la misma cantidad de energía que habían ganado. La energía adquirida por las partículas fijas (que son fijas solo en el sentido de que su posición media no cambia) aumenta la amplitud de su vibración o sea, se convierte en calor. Para deducir la cantidad de calor desarrollada en un conductor por unidad de tiempo, hallaremos primero la expresión general de la potencia suministrada a una parte cualquiera de un circuito eléctrico. Cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor, éste experimenta un aumento de temperatura. Este efecto se denomina “efecto Joule”. Es posible calcular la cantidad de calor que puede producir una corriente eléctrica en cierto tiempo, por medio de la ley de Joule.

Supongamos, como en un calentador eléctrico, que todo el trabajo realizado por la energía eléctrica es transformado en calor. Si el calentador funciona con un voltaje V y una intensidad de corriente I durante un tiempo t , el trabajo W realizado es:

$$W = V \cdot I \cdot t$$

La ley de Joule enuncia que: “El calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que dura la corriente ”.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

5.5 Calentador eléctrico

El calentador eléctrico no es nada mas un componente que se basa en la ley de Joule para transformar la energía eléctrica en energía térmica y poder ceder esta energía térmica a un fluido que en este caso es agua.

5.5.1 Funcionamiento

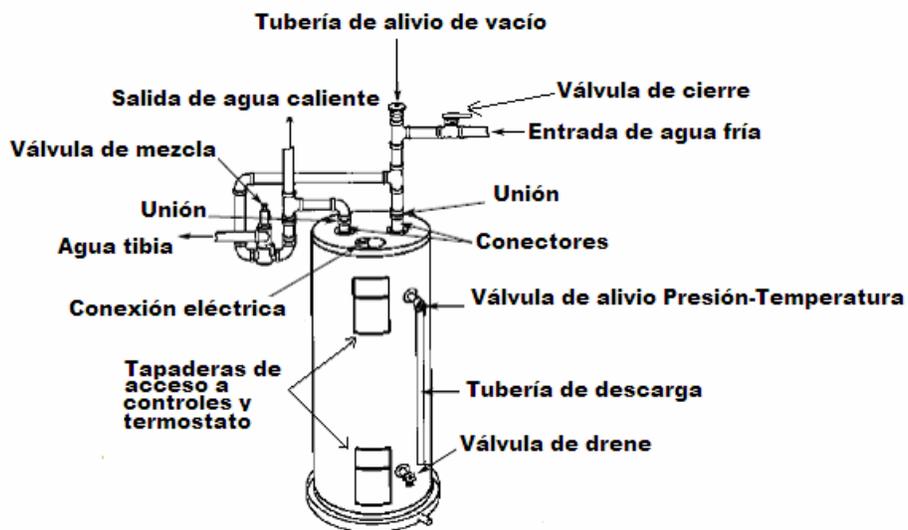
El agua entra al calentador eléctrico por medio de la tubería de entrada pasando a través de una válvula de cierre, seguidamente entra al cuerpo del calentador donde resistencias eléctricas le elevan la temperatura, seguidamente sale del calentador ya con una temperatura mayor.

Para que el funcionamiento del calentador sea seguro y eficiente se disponen de varias válvulas y accesorios para mejorar los controles y variables que intervienen en el proceso de transferencia de calor, entre estos tenemos:

- Válvula de cierre: A la entrada del calentador, la cual nos sirve para regular el paso de agua.
- Tubería de alivio de vacío: Elimina presiones de vacío generadas a la entrada del sistema.
- Válvula de alivio Presión-Temperatura: Alivia presiones que se salen de los rangos de operación.

- Válvula de drene: Sirve para purgar y drenar el sistema de impurezas que puedan dañarlo.
- Válvula de mezcla: Provee de agua a una temperatura menor de la que esta mandando el calentador, esto se logra al mezclar el agua de salida del calentador con agua a temperatura de entrada del calentador.
- Termostato: Gradúa la temperatura del agua dependiendo de las necesidades del usuario.

Figura 5 Calentador eléctrico



5.5.2 Mantenimiento de calentador eléctrico

Mantenimiento cuando así se requiera:

- 1 Drenar y limpiar sedimentos del tanque.
- 2 Desmontar y montar termostato.
- 3 Remover e instalar elemento filtrante,
- 4 Reemplazar washer de la válvula de drene.
- 5 Chequear puntos de posibles fugas de agua (conexiones de tuberías)

Figura 6 Válvula de drene



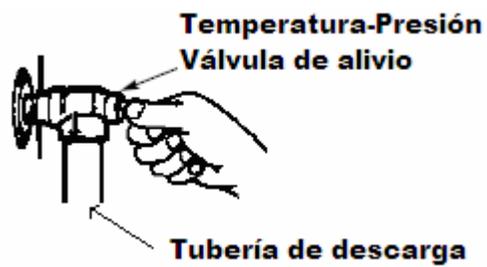
Figura 7 Puntos de posibles fugas de agua en un calentador eléctrico



Mantenimiento anual:

- 1 Accionar manualmente la válvula de alivio presión-temperatura.

Figura 8 Válvula de alivio



6. TUBERÍAS

El medio de conducción y distribución de los fluidos a presión son las tuberías, se emplean para transportar fluidos (líquidos y gases) a presiones significativas que causan esfuerzos de trabajo sobre las paredes. La adecuada disposición de la tubería además de dar un buen aspecto a la instalación, tiene como fin reducir al mínimo las resistencias por fricción.

6.1 Normas para la tubería

La normalización en la industria de la tubería es la función de muchos grupos, entre los cuales están:

American Society for Testing Materials (ASTM), que tiene como objetivo la promoción del conocimiento de los materiales de ingeniería y la normalización de las especificaciones y de los procedimientos de ensayo.

American National Standard Institute (ANSI), que trata lo relacionado con los sistemas generales de tubos. Normaliza las dimensiones, asienta los esfuerzos admisibles en función de la temperatura, establece las formulas de trabajo para la determinación del espesor de las paredes en relación a la presión, el material y las temperaturas, especifica el carácter general de la construcción de las válvulas y los accesorios, estudia los soportes, anclajes y la flexibilidad de un sistema de tuberías.

Pipe Fabrication Institute (PFI), ha mostrado gran actividad en la preparación de normas relacionadas con los trabajos de taller, especialmente en la normalización de la técnica para preparar los extremos de los tubos antes de soldarlos.

6.1.1 Procedimientos de fabricación de tubos

Los tubos que se encuentran en el comercio se han fabricado por las técnicas siguientes: Soldadura por fusión eléctrica, soldadura por resistencia eléctrica, soldadura eléctrica de arco sumergido, sin soldadura o costura por perforado y cilindrado, por martillado o forja, torneado y barrenado. Además, algunas fábricas están preparadas para hacer por extrusión tubos de pequeño diámetro y formas tubulares de variados perfiles geométricos o para fundición de tubos de gran diámetro.

6.1.2 Designación de cédula

El número de cédula se obtiene aprox. de la siguiente fórmula:

$$\text{No. Cédula} = 1000 * P / SE$$

Donde P es la presión de operación (psi man), S es el esfuerzo admisible (psi) y E la eficiencia de la junta.

Los tamaños comerciales del tubo de hierro forjado y de acero se conocen por su diámetro interno nominal (DI) en pulgadas, desde 1/8 a 12 plg. Por encima de 12 plg de DI se conocen comúnmente por su diámetro exterior (DE). Todas las clases de tubos de un tamaño nominal dado tienen el mismo DE, afectando el espesor al peso y al DI.

6.2 Tipos de tubería

6.2.1 Tuberías de acero

Los tubos se agrupan en corrientes y especiales según la norma norteamericana. Corriente es el empleado en la conducción de fluidos y especiales el utilizado en intercambiadores de calor, calderas, maquinaria industrial y aviación.

6.2.1.1 Tubo especial mecánico sin soldadura o costura

Se consigue en diámetros exteriores que varían de $\frac{1}{4}$ a $10 \frac{3}{4}$ plg, en espesores de pared hasta de 2 plg, y en los pesos y dimensiones del tubo normal hasta 24 plg.

Se adapta fácilmente a tratamientos variados de ensanchamiento, acampanado, conicidad, recalado, formación de bridas, doblado en espiras, soldado y procesos semejantes.

Dentro de sus distintas aplicaciones tenemos, tubos que envuelven los ejes para automóviles los ejes de transmisión, las columnas de dirección, vástagos y pasadores para émbolos, anillos de engranajes, cajas y conos para cojinetes de rodillos, cilindros para varios fines, etc.

6.2.1.2 Tubos de acero al carbono

Los más frecuentes utilizados son los fabricados de acuerdo con las especificaciones ASTM A106 que permiten presiones de trabajo de 1130 psi, y el ASTM que permite presiones de trabajo de 270 psi, se fabrican en grado A y B; el grado B tiene resistencia mecánica mas alta, pero es menos dúctil y por ello solo se admite el grado A para doblado en frío.

6.2.1.3 Tubos de acero inoxidable

Se fabrican de varias composiciones siendo las más corrientes la ASTM A213, grado TP231 (16% de cromo y 8% de níquel, estabilizado con Titanio) y la ASTM A213, grado TP347 (18% de cromo y 8% de níquel, estabilizado con Colombio). Los dos tipos de tubería se usan en temperaturas de hasta 650°C. Debe tenerse especial cuidado en la elección de la soldadura para evitar que sea quebradiza.

Tubos de acero inoxidable de paredes delgadas se emplean para intercambiadores de calor por su alta capacidad de transmisión de calor.

6.2.2 Tuberías de fundición de hierro

Se usa mucho para agua, gas, alcantarillas, drenajes etc., con un amplio intervalo de tamaños o diámetros y para diversas presiones. Se adapta particularmente a los servicios subterráneos o sumergidos, debido a sus cualidades de resistencia relativamente alta a la corrosión.

Es más duradero que el tubo desnudo de acero o de hierro dulce, no obstante el de acero, cuando esta apropiadamente recubierto con alguna capa es resistente a la corrosión en ciertos terrenos.

La resistencia a tracción del tubo comercial de fundición es incierta y debido a su poca elasticidad no resulta conveniente para tuberías sometidas a esfuerzos de dilatación, contracción y vibración.

Este tubo puede conseguirse en varios espesores y pesos, fundido con sus bridas, con sus extremos roscados para meter a rosca las bridas, con los extremos preparados para una junta mecánica, etc.

6.2.3 Tuberías de cobre

Los tubos comunes tienen el mismo diámetro exterior que los normales de acero. Como tubo especial se utiliza para diversos fines, como en sistemas de calefacción (es menos frecuente para sistemas de vapor), tubería para los instrumentos de las instalaciones de aire comprimido, la de control hidráulico de maquinaria, quemadores domésticos de petróleo, para muchas instalaciones que transportan agua o refrigerante. La tubería de cobre para este tipo de instalaciones es fabricada de cobre desoxidado y se suministra en paredes de tres espesores (K, L y M).

Tipo especial K, se emplea en las obras subterráneas en que el número mínimo de uniones combinado con el mayor espesor de este tipo es su ventaja característica, es el más pesado y se suministra en rollos para diámetros menores y en longitudes de 20 pies para diámetros mayores.

Tipo especial L, se emplea usualmente en tramos rectos, se usa cada vez más en los sistemas de plomería de casas y edificios, se debe ello principalmente a la economía de su instalación, que hace posible el empleo de accesorios soldados, tiene menor espesor que el anterior. También se suministra en rollos y en longitudes de 20 pies, según el diámetro.

Tipo especial M, es el de espesor más delgado, se proporciona con temple endurecido y en longitudes rectas de hasta 20 pies.

El cobre se deteriora rápidamente a altas temperaturas y bajo esfuerzos repetidos. A una temperatura de 182°C, su resistencia se reduce un 15% y teniendo esto en cuenta no deberá emplearse con altas temperaturas y presiones.

Los tubos de cobre K, L y M, no se unen mediante roscas. La junta soldada es la más común. Se usa soldadura de plomo-estaño o estaño-antimonio que se funden entre los espacios de la unión por acción capilar. Al enfriarse tiene una unión hermética y permanente.

Se usa soldadura plomo-estaño cuando la temperatura no excede 121°C, estaño-antimonio para temperaturas hasta de 156°C y aleaciones de latón para temperaturas mayores. Para tuberías K y L hay uniones a compresión cuando se desean sistemas desmontables sin aplicaciones de calor.

6.2.4 Tuberías a utilizar dependiendo de temperaturas y presiones de vapor

6.2.4.1 Presiones de vapor de 125-250 psi

Con temperaturas hasta de 233°C, la tubería puede ser de acero soldado por fusión eléctrica o por resistencia eléctrica, sin soldadura o de hierro dulce. Se pueden utilizar cobre y latón si la temperatura no excede de 208°C. También puede emplearse de hierro fundido. La tubería admisible para este servicio puede ser usada con temperaturas superiores a 233°C, si se emplea el valor adecuado de SE al calcular el espesor de la pared del tubo.

6.2.4.2 Presiones de vapor de 25-125 psi

Con temperaturas hasta de 233°C, la tubería puede ser de acero dulce, fundición, cobre o latón. Los cuerpos de las válvulas, de hierro fundido, hierro maleable, acero o latón. Los accesorios deben ser de hierro fundido según la ASTM de 125 Lbr. o 150 Lbr. con extremos embridados o roscados, o de hierro maleable con extremos roscados.

6.2.4.3 Presiones de vapor de 25 psi

Con temperaturas hasta de 233°C, la tubería puede ser de acero, hierro dulce, acero remachado en espiral, latón, cobre o hierro fundido.

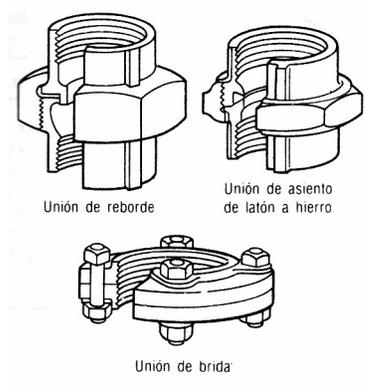
6.3 Tipos de juntas o uniones

Las uniones pueden clasificarse como roscada (tuerca de unión) y de brida, estos se consiguen para los diversos tamaños de tubos, materiales y diseños adecuados para cualquier condición de servicio.

La instalación de tuberías se corta a la medida y se van empalmando en el lugar de la instalación. Las uniones son de varios tipos:

- Uniones roscadas
- Uniones soldadas
- Uniones o juntas por medio de bridas

Figura 9 Tipos de uniones



Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumber, Eugene A. Avallone

6.3.1 Uniones roscadas

Usuales en tuberías de diámetro pequeño (hasta diámetros de 4 plg como máximo). Las roscas en los tubos a diferencia de los tornillos tienen cierta conicidad lo que hace que al apretarlas queden juntas herméticas, sobre todo cuando previamente se aplican sellantes (teflón, permatex, epoxicos).

Cuando los tubos se unen mediante juntas roscadas, debe de observarse eliminar toda la rebaba interior que usualmente se forma al trabajar la rosca, por lo que se recomienda después de la elaboración de la rosca darle un acabado superficial.

6.3.2 Uniones soldadas

El perfeccionamiento de la técnica de la soldadura ha dado lugar a la reducción de los costos de las uniones en las tuberías, haciéndolas soldadas, las cuales son aplicables con ventajas en cualquier tamaño de la tubería. Dependiendo del espesor de las paredes del tubo así se hará la soldadura.

6.3.3 Uniones por bridas

En realidad es una variante tanto de juntas roscadas como de soldadas ya que de ambas maneras se pueden fijar a las secciones del tubo.

La brida soldada, para la instalación de tuberías en plantas industriales es cada vez mas usada ya que permite efectuar labores de mantenimiento y ampliaciones con facilidad. Dependiendo de la presión y la temperatura del fluido que se conduce así será el tipo de brida a colocar. De una forma muy general se puede decir que dos tipos de bridas son las que se seleccionan de acuerdo a la unión de las mismas sobre la tubería que son deslizantes y las de unión a tope.

6.3.3.1 Bridas deslizantes

Son llamadas así debido a que el diámetro interior de las mismas coinciden con el diámetro exterior de la tubería con cierta holgura lo que les permite deslizarse sobre la superficie exterior del tubo. Se usan para presiones de hasta 250 psi.

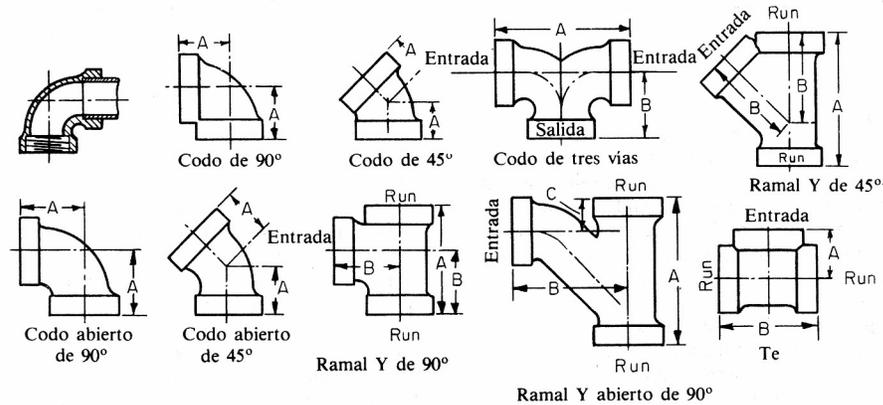
6.3.3.2 Bridas de unión a tope

Como su nombre lo indica se unen a la tubería a tope y su uso es para instalaciones donde el fluido tiene presiones mayores de 250 psi.

6.4 Accesorios

Debido a la complejidad de los sistemas de tuberías es necesaria la utilización de accesorios que brindan la opción de realizar estos sistemas según diseño.

Figura 10 Codos, T, Y



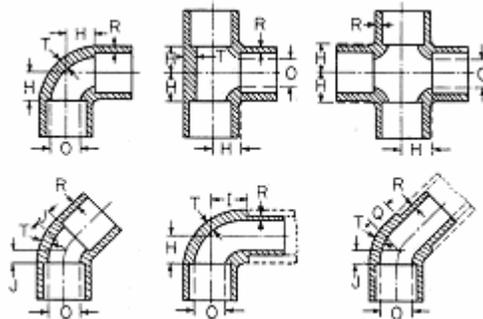
Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumberg, Eugene A. Avallone

6.4.1 Codos, tes y cruces

La designación angular de un codo es su desviación de la corriente en línea recta y es igual al ángulo que se forma entre las caras de salida.

Los codos de ángulos especiales que varían desde 1 a 45° tienen la misma dimensión de cara a cara dada para los codos de 45°, y los de más de 45°, los codos menores de 90° tienen las mismas dimensiones de centro a cara dadas por los codos de 90°.

Figura 11 Codos, T, cruces



Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumberg, Eugene A. Avallone

6.4.2 Laterales

Las Y laterales (ramificaciones en Y), tanto comunes como de reducción en tamaños de 8 plg y mayores deben ser reforzadas para compensar la debilidad inherente al diseño de fundición. Los laterales de 45° de los tamaños mayores pueden necesitar un refuerzo adicional para compensar la debilidad inherente a esta forma de pieza fundida.

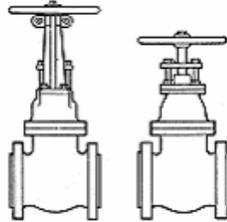
6.4.3 Válvulas

Son accesorios que permiten el paso o la obstrucción de los fluidos que son conducidos a través del sistema de tuberías instalado.

6.4.3.1 Válvulas de compuerta acuñada

Fundición de hierro, para 125 a 250 lb. de presión de servicio de vapor de agua, y para 800 lb. de presión hidráulica; y de acero para presiones en el rango de 150 a 1500 lb. de presión de servicio de vapor de agua.

Figura 12 Válvulas de compuerta acuñada



**Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumberger, Eugene A. Avallone**

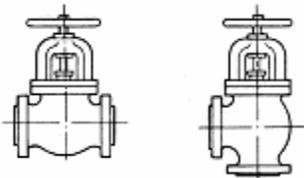
6.4.3.2 Válvula cheque

Este tipo de válvula permite el flujo del fluido en un solo sentido de dirección. Son fabricadas de fundición de hierro para rangos de presión de 125 a 250 lb. de servicio de vapor de agua y 800 lb. de presión hidráulica; y de acero para rangos de presión de 150 a 600 lb. de servicio de vapor de agua.

6.4.3.3 Válvulas de compuerta de doble disco, de globo y en ángulo

De fundición de hierro para rangos de presión de 125 a 250 lb. de servicio de vapor de agua, y de acero para rangos de presión de 150 a 2500 lb. de servicio de vapor de agua.

Figura 13 Válvulas de globo y de ángulo



**Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumberger, Eugene A. Avallone**

6.4.3.4 Grifos

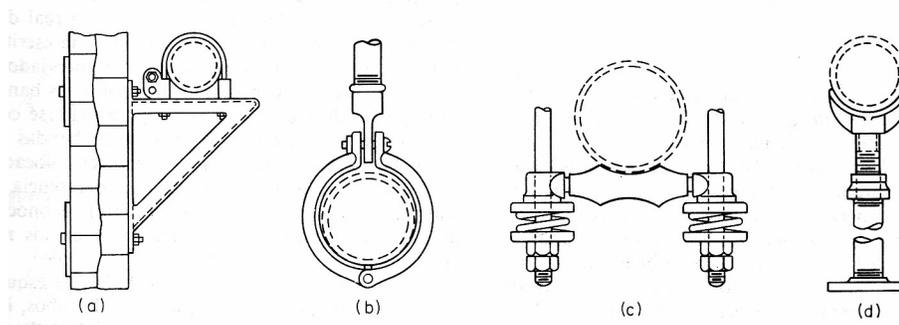
Los grifos o llaves ordinarios de macho accionados por una manija o una llave de tuercas son una especie de válvula de tamaño relativamente pequeño adecuado solamente para servicio ordinario. Para tuberías de presión se exige que donde se usen grifos para servicio a alta temperatura estos deben estar diseñados de manera que se impida su agarrotamiento, ya sea haciendo los machos de material diferente al del cuerpo o tratando a los primeros para asegurar propiedades físicas distintas.

Por medio de características especiales de construcción que eliminen la tendencia a fugas y adherencias, el tipo de válvula de grifo de macho se encuentra disponible en tamaños grandes y para condiciones severas de servicio. Los tamaños disponibles llegan a medir hasta 30 plg y son accionados por engranajes en los tamaños mayores.

6.5 Soportes de las tuberías

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 de abrazaderas, varilla y un tensor el cual se puede colocar en cualquier punto de la tubería (Fig.6.8 A,B,C), el suspensor de anillo partido puede aplicarse después de colocar la tubería en su lugar (Figura 14B).

Figura 14 Soporte para tubo sobre rodillos

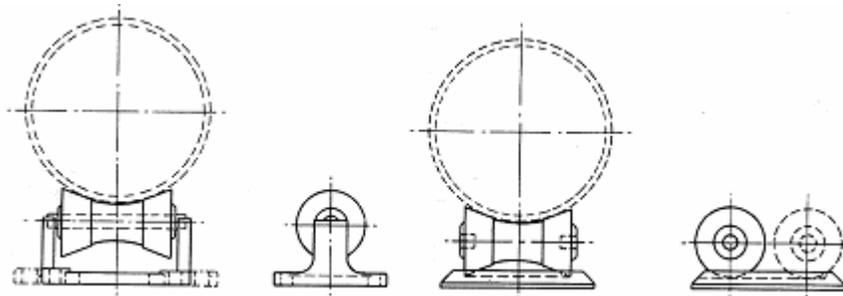


Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumberg, Eugene A. Avallone

Para el espaciamiento entre soportes se considera el tubo como una viga simplemente apoyada con carga uniformemente distribuida la cual estará formada del peso propio del tubo y su contenido que en el caso de tuberías de vapor se consideran llenas de agua. La distancia entre soportes variara con la clase de tubería y el número de válvulas y accesorios. Los soportes deben colocarse cerca de los cambios de dirección de los ramales y particularmente cerca de las válvulas, la tubería debe inclinarse en sentido descendente.

Un soporte apropiado para tubería debe tener una base resistente y rígida apoyada adecuadamente (Figura 14A) y un dispositivo regulable de rodillos que mantenga la alineación en cualquier dirección (Figura 15). Es importante evitar el rozamiento producido por el movimiento de la tubería en su soporte y que todas las partes tengan la suficiente resistencia para mantener la alineación en todo momento, esto se puede logra por medio de suspensores de muelle variable o regulable (Figura 17A,B), así también se puede utilizar un brazo templador para controlar la vibración y los movimientos inconvenientes (Figura 17C).

Figura 15 Métodos para soportar tubos sobre rodillos



Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumberg, Eugene A. Avallone

Para el servicio donde se requiera apoyo constante y se deba compensar el movimiento de la tubería se puede utilizar un suspensor de rodillo con cojín o amortiguador de resortes (Figura 14C).

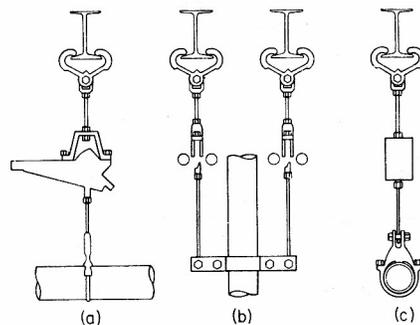
Los suspensores de alambre, ejes, cintas de hierro, madera, los construidos con tubo pequeño y los que tienen un soporte de tubo vertical no conservan la alineación.

La eficiencia de las juntas de dilatación exige el anclaje de las tuberías en ciertos puntos, una 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 (Figura 15).

La dirección de la expansión de un tramo de tuberías puede predeterminarse anclando un extremo, ambos extremos o su punto medio.

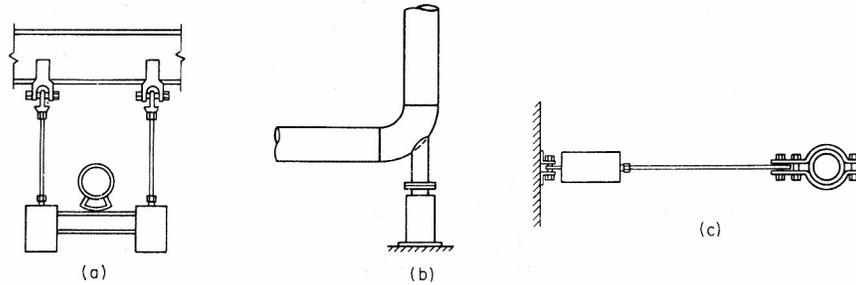
Los anclajes deben sujetarse firmemente a una parte rígida y fuerte de la estructura de la central de energía y deben además unirse con seguridad al tubo, pues de no hacerlo así, será inútil cualquier accesorio para la absorción de la dilatación, y se originaran esfuerzos severos otras partes del sistema de tubos.

Figura 16 Suspensores de muelle



Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumberg, Eugene A. Avallone

Figura 17 Suspensores de muelle y brazo templador



Manual del Ingeniero Mecánico
Mark, Theodore Baumberg, Eugene A. Avallone

6.6 Identificación de la tubería

6.6.1 Clasificación por color

Todos los sistemas de tubería son clasificados por la naturaleza del material conducido, las clases son las siguientes:

Tabla II Identificación por colores de tubería

CLASE	FLUIDO	COLOR
F, (FUEGO) protección contra incendios.	Agua o vapor	Rojo
D, (DAÑOS) Materiales peligrosos	Gases	Amarillo
	Acidos	Anaranjado
S, (SEGURIDAD) Materiales seguros	Agua	Verde
	GLP (Gas Licuado de Petroleo)	Blanco
	Líquidos no combustibles	Negro
	Vacio	Gris
P, (PROTECCIÓN) Materiales protectores	Aire y Oxígeno	Azul brillante
V, (VALOR) Materiales extravaliosos	Alcalis	Purpura oscuro

Identificación de Colores para Tubería Norma Ecuatoriana
www.ila.org.pe/publicaciones/docs/INEN/i_440.doc

6.6.2 Método de identificación

En los lugares importantes de un sistema de tubería se deben pintar bandas sobre los tubos para designar a cual de las cinco clases principales pertenece. Si se desea, se puede pintar la tubería en toda su extensión con el color de la clasificación.

Además, se puede indicar el contenido real de un sistema de tubería, de preferencia por una leyenda escrita en tamaño normal que el nombre completo o abreviado del contenido. Estas leyendas deben colocarse sobre las bandas de color. El esquema de identificación puede ampliarse con el empleo de tiras de colores en los bordes de las bandas coloreadas.

Las bandas, leyendas deben ser colocadas a intervalos a todo lo largo de la tubería, de preferencia adyacentes a válvulas y accesorios, para asegurar el reconocimiento fácil durante el trabajo, las reparaciones y en los momentos de emergencia.

Una clasificación recomendada, bajo este esquema en colores de los materiales transportados por los tubos, incluye, como peligrosos, los gases y aceites combustibles, el agua caliente y el vapor a una presión superior a la atmosférica. Como seguros, el aire comprimido, el agua fría y el vapor de agua bajo vacío.

6.7 Envejecimiento de tuberías

Con el uso las tuberías se vuelven más rugosas debido a la corrosión, las incrustaciones y el depósito de material en las paredes de las mismas. La rapidez con que cambia el factor de fricción dependerá principalmente del fluido empleado.

Por lo general se encuentran valores mayores de fricción en los primeros años después de su instalación.

La única forma segura de obtener coeficientes exactos para tuberías antiguas es por medio de pruebas de campo.

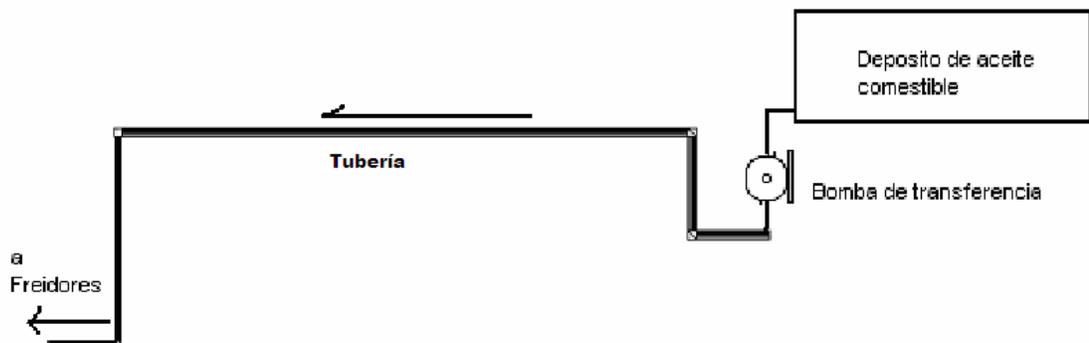
7. DISEÑO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR Y RED DE TUBERÍAS

7.1 Diseño actual de tubería transportadora de aceite comestible

Como se puede observar en la Fig.7.1 se cuenta con un sistema de tuberías las cuales transportan aceite comestible desde depósitos de almacenamiento de aceite hacia unos freidores para su utilización en la fritura de alimentos. Este aceite es transportado por medio de una bomba centrífuga.

Cuando la temperatura desciende a unos 20°C o menos se sufre un incremento en la viscosidad del aceite comestible (solidificándose), haciéndose imposible transportar a través de la tubería hacia los freidores.

Figura 18 Sistema actual de suministro de aceite



Debido a lo anterior se ve la necesidad de crear un sistema de calefacción para tuberías que transportan aceite comestible, el cual nos ayudara a elevar la temperatura en la tubería de conducción de aceite, logrando de esta manera que la viscosidad del aceite sea la adecuada para que pueda fluir a través del sistema de tuberías.

7.1.1 Suministro de aceite

Actualmente se cuenta con un sistema de tuberías para la transportación del aceite comestible (Figura 20), de donde V1, válvula No.1 a la salida del tanque de almacenamiento; T1, tubería de transporte No.1; C1, Codo de 90°; S1, soportes de tubería; C2, codo de 90°; JT1, junta tipo T; T2, tubería de transporte No.2; V2, válvula No.2 a la entrada del freidor.

Figura 19 Diagrama de la tubería para aceite y accesorios

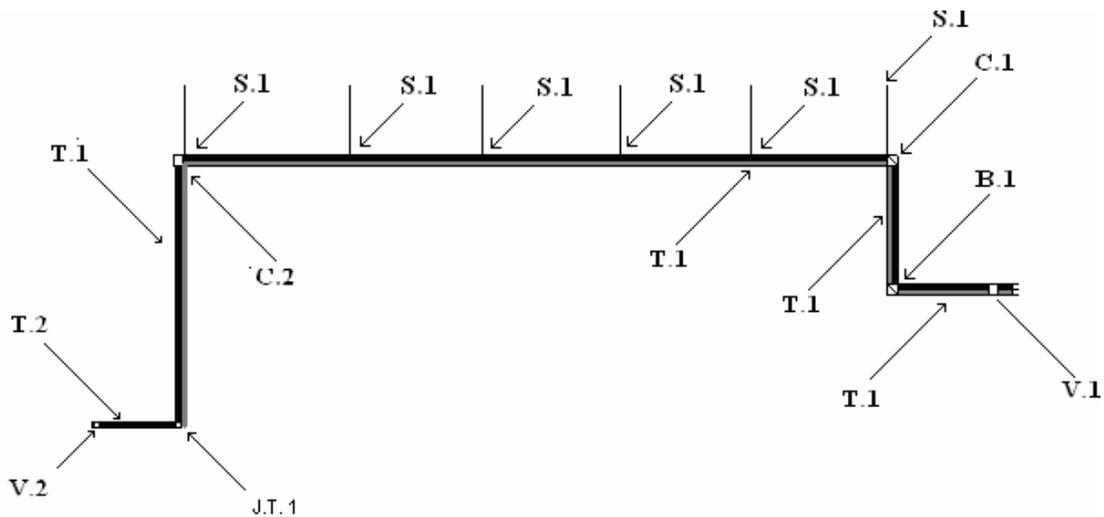
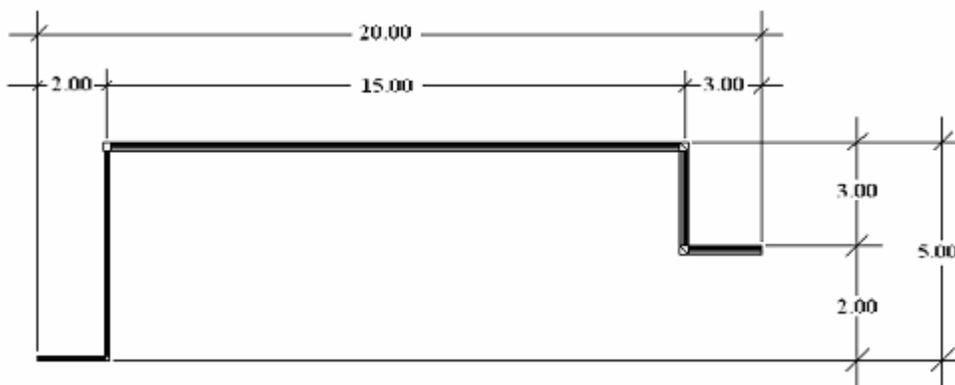


Figura 20 Dimensiones de la tubería para aceite



7.2 Diseño del sistema de calefacción para tubería que transporta aceite comestible

En la figura 21 se muestra el esquema del sistema de calefacción a implementar, en el se muestra el sistema de tuberías, accesorios, etc., que se utilizaran. Este sistema se estará dividiendo en tres, dependiendo del tipo de suministro a utilizar (aceite, agua o vapor) Más adelante se detallaran factores a intervenir en la implementación de cada uno de estos.

Figura 21 Diagrama del sistema de calefacción a implementar

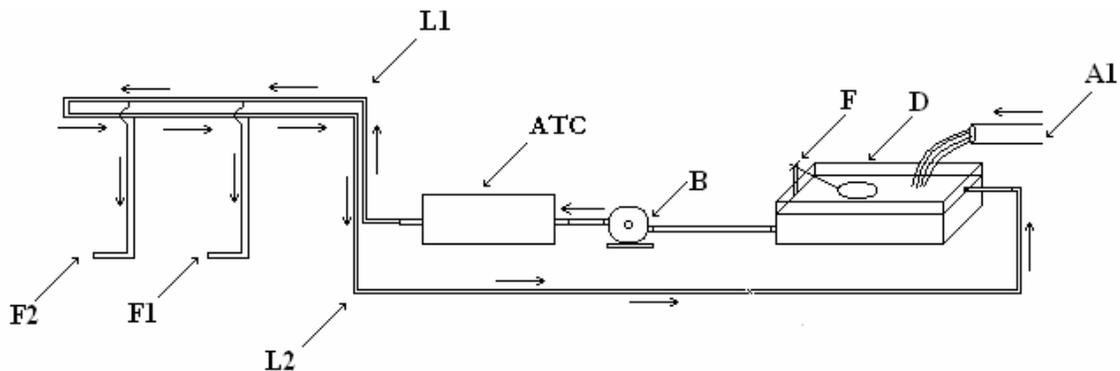


Tabla III Símbolos de accesorios a utilizar en el sistema de calefacción a implementar

SIMBOLO	ACCESORIO	TIPO DE SUMINISTRO
A1	Alimentación de agua	Agua
D	Deposito de agua	Agua
F	Flote para el sistema de alimentación de agua	Agua
B	Bomba de transferencia para agua	Agua
L1	Tubería con agua a alta temperatura	Agua
F1	A freidor No.1	Agua
F2	A freidor No.2	Agua
L2	Tubería con agua a baja temperatura	Agua
ATC	Area de transferencia de calor principal	

7.2.1 Suministro de agua

El fluido que se utilizara para la transferencia de calor en el sistema de calefacción es el agua. Se utilizo este fluido por su disponibilidad, bajo costo, buenas propiedades de transferencia de calor, fácil manejo.

7.2.1.1 Alimentación de agua

Se alimentara al sistema de agua por medio de una tubería externa de agua potable, la cual será enviada a un depósito para mantener un volumen adecuado.

El depósito contara con un flote el cual mandara una señal para la apertura de una válvula y así ingresar agua del exterior cuando sea necesario.

El sistema contara con una tubería de retorno la cual estará conectada con el depósito.

7.2.1.2 Movimiento del agua

Al agua se le generara movimiento por medio de una bomba centrifuga colocada en medio del deposito y el intercambiador de calor.

7.2.1.3 Transportación del agua

El agua será transportada en el sistema de calefacción por medio de una tubería de cobre, dicha tubería de cobre tendrá la función principal de transferir la energía térmica suministrada al agua a la tubería de transporte de aceite comestible.

7.2.2 Esquema de tuberías

7.2.2.1 Esquema de tubería transportadora principal de aceite comestible y tuberías que transportan agua a alta y baja temperatura

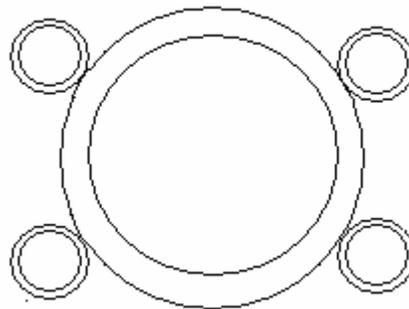
La tubería de transportación principal de aceite tendrá el esquema siguiente, en este podemos observar, la tubería central que transportara el aceite y a los costados encontraremos cuatro tuberías de diámetro menor a la anterior.

Dos de estas tuberías transportaran agua a alta temperatura para realizar la transferencia de calor hacia la tubería principal de transporte de aceite comestible. Las otras dos transportaran el agua a baja temperatura después de haber cedido la mayor cantidad de calor (Figura 22 y 23).

Figura 22 Sistema de calefacción en tubería principal de transportación



Figura 23 Sección de tubería principal de transportación



7.2.2.2 Esquema de tubería transportadora secundaria de aceite comestible y tuberías que transportan agua a alta y baja temperatura

La tubería de transportación secundaria de aceite tendrá un esquema similar al de transportación principal el cual mostraremos en la siguiente figura, en este podemos observar, la tubería central que transportara el aceite y a los costados encontraremos dos tuberías de cobre (diámetro 0.75 pulg.) que transportaran agua.

Una de estas tuberías de cobre transportara agua a alta temperatura para realizar la transferencia de calor a la tubería secundaria de transporte de aceite comestible. La otra tubería de cobre transportara el agua a baja temperatura después de haber cedido la mayor cantidad de calor (Figura 24 y 25).

Figura 24 Sistema de calefacción en tubería secundaria de transportación

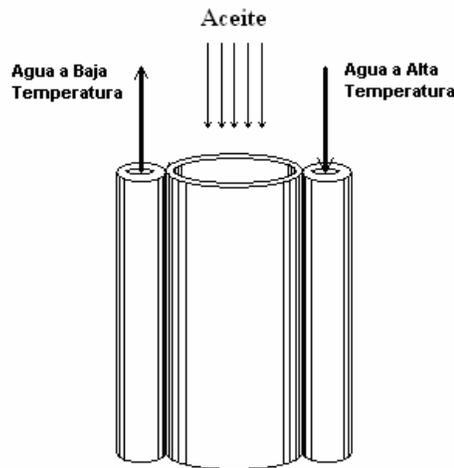
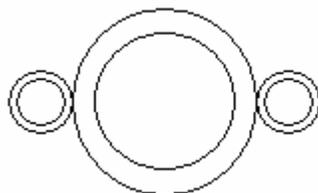


Figura 25 Sección de tubería secundaria de transportación



7.3 Elección del método de transferencia de calor principal

7.3.1 Intercambiador de calor de un solo paso

Debido a la existencia de calderas en la planta se puede utilizar vapor de estas para ser utilizado en un intercambiador de calor de un solo paso. El diseño del sistema de tuberías con el intercambiador de calor de un solo paso se observa en la siguiente figura.

Figura 26 Diagrama de la instalación del intercambiador de calor de un solo paso

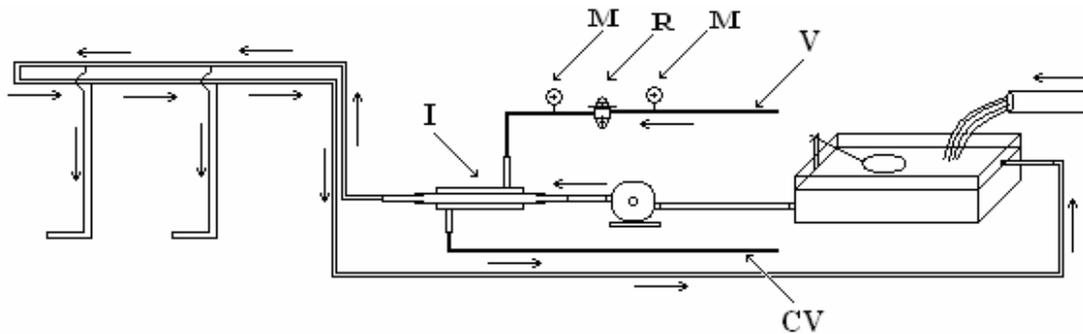


Tabla IV Símbolos de los accesorios del método de transferencia de calor principal con intercambiador de calor

SIMBOLO	ACCESORIO	TIPO DE SUMINISTRO
V	Vapor de caldera	Vapor
M1	Manómetro de presión de vapor de caldera	Vapor
R	Regulador de presión de vapor de caldera	Vapor
M2	Manómetro de presión de vapor de regulador	Vapor
I	Intercambiador de calor	Agua - Vapor
V	Condensado de vapor	Vapor

7.3.1.1 Suministro de vapor

Caldera pirotubular, marca Cleaver Broks, de cuatro pasos, con presión máxima de vapor de 150 psi. Y una presión de trabajo de 120 psi, utiliza como combustible Bunker.

7.3.1.2 Medición de presión de vapor

Para la medición de vapor se utilizaran dos manómetros marca Marsh con rango de presión de 0 a 300 psi. Un manómetro se instala directamente en la toma de presión de vapor de caldera y el otro manómetro se coloca después del regulador de presión para obtener el dato de la presión de vapor antes de entrar al intercambiador de calor.

7.3.1.3 Regulador de presión de vapor

Para la regulación de presión de vapor se utilizara un manómetro marca Normen con un rango de regulación de 15 – 250 psi. Esto debido a la necesidad de regular la presión de vapor que circulara dentro del intercambiador de calor a conveniencia de los requerimientos de calor que se desee transferir.

7.3.2 Calentador eléctrico

Otro intercambiador de calor que se podría utilizar en dado caso no existiera caldera es un calentador eléctrico, debido a su bajo mantenimiento, fácil instalación y operación. El diagrama de tuberías con el calentador eléctrico se observa en la siguiente figura.

Figura 27 Diagrama de la instalación del calentador eléctrico

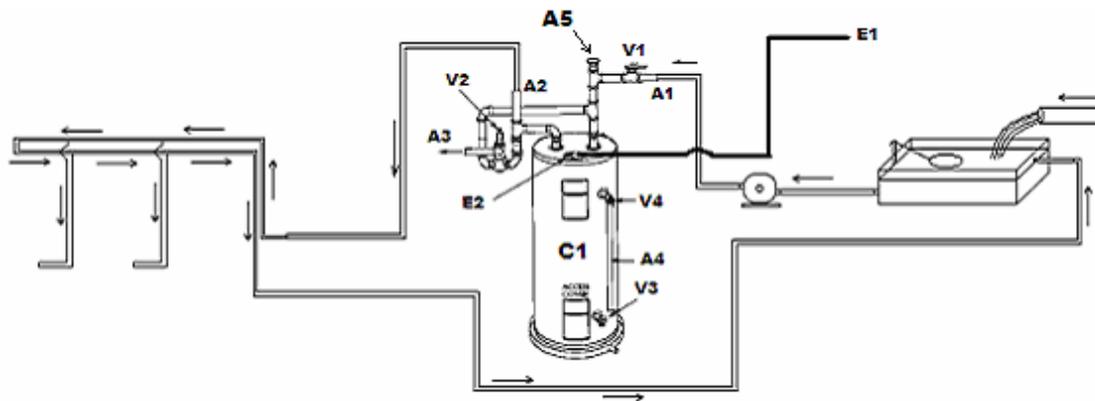


Tabla V Símbolos a utilizar en el diagrama de la instalación del calentador eléctrico

Simbolo	Accesorio	Tipo de fluido	Temperatura
A1	Tubería de entrada	Agua	Fría
A2	Tubería de salida	Agua	Caliente
A3	Tubería de salida opcional	Agua	Caliente-Fría
A4	Tubería de descarga	Agua	Caliente
A5	Tubería de alivio de vacío	Aire	Ambiente
C1	Calentador de Agua	Agua - Electricidad	Caliente-Fría
E1	Toma de corriente principal	Electricidad	
E2	Conexión al calentador	Electricidad	
V1	Válvula de cierre	Agua	Fría
V2	Válvula de mezcla opcional	Agua	Caliente-Fría
V3	Válvula de drenaje	Agua	Fría
V4	Válvula de alivio	Agua	Caliente

7.3.2.1 Tipo de calentador eléctrico

Calentador eléctrico, 606 Series Electric Water Heaters, La Serie 606 es lo mas completo en la línea familiar de Reliance, con configuraciones que incluyen tamaños grande, mediano y pequeño, por añadidura estos modelos son especialmente diseñados para ser movibles. La serie 606 eléctrica provee arriba de 4,500 watts/hr.

- Tamaño mediano.
- Modelo 650 DORS
- Capacidad 50 gls.
- Consumo eléctrico 4500 Watt/hr.
- Factor de energía 0.9
- Altura 48 pulgadas.
- Diámetro 22 pulgadas.

7.4 Costos

7.4.1 Costos de instalación

Tabla VI Costos de instalación de los sistemas

SISTEMA DE TUBERÍAS

	Longitud	Número	Diámetro 0.75 pulg	Total
	pies	de tubos	Precio por pie	
Tubería principal de cobre	69	4	Q14.70	Q4,057.20
Tubería secundaria de cobre	23	2	Q14.70	Q676.20
				Q4,733.40

SISTEMA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR

	Precio	Cantidad	Total
Manómetros de presión 0 - 300 psi	Q165.00	2	Q330.00
Regulador de presión 15 - 250 psi	Q2,509.47	1	Q2,509.47
Elaboración de intercambiador de calor	Q3,500.00	1	Q3,500.00
			Q6,339.47

CALDERA

	Precio	Cantidad	Total
Caldera pirotubular (usada)	Q167,640.00	1	Q167,640.00
			Q167,640.00

CALENTADOR DE AGUA

	Precio	Cantidad	Total
Calentador Eléctrico Reliance Modelo 606	Q2,249.99	1	Q2,249.99
			Q2,249.99

7.4.2 Costos de operación

Tabla VII Costos de operación de los sistemas

Caldera Pirotubular, mensual **Q95,040.00**

Consumo de combustible			
Cantidad gls. diarios	Costo gls	Total Q * gls. diarios	Total Mes
288	Q11.00	Q3,168.00	Q95,040.00

Calentador Electrico, mensual **Q3,832.83**

Consumo de electricidad			
Cantidad kW	Costo Q/kWh	Total (Q*hr)	Total Mes
4.5	Q1.18	Q5.31	Q3,823.20

Consumo de agua			
Cantidad gls. diarios	Costo Q/Gls	Total diario	Total Mes
2.14	Q0.15	Q0.32	Q9.63

7.4.3 Costos de mantenimiento

Tabla VIII Cálculo de mano de obra para mantenimiento de caldera diario

Mano de obra diaria	
Actividades	Tiempo (hrs.)
Ciclo de funcionamiento de quemador	0.2
Control de bombas de alimentación	0.4
Ubicación de protectores de seguridad	0.4
Control de purgas	0.5
Lubricación de motores y rodamientos	1.0
Verificación de la temperatura de agua de alimentación	0.5
Verificación de admisión de aire, filtros, controles	1.0
Precauciones al dejar la caldera fuera de servicio en noches	0.5
Verificación de combustión	0.5
Verificación de presión, producción de vapor	0.5
Verificación de consumo de combustible	0.5
Total de horas diarias	6.0
Total de horas en un mes (30 días)	180.0

Tabla IX Cálculo de mano de obra para mantenimiento de caldera mensual

Mano de obra mensual	
Actividades	Tiempo (hrs.)
Limpieza de polvo en controles eléctricos	2.0
Limpieza de filtros de combustible, aire y vapor	1.0
Mantenimiento a todo el sistema de agua	8.0
Engrasar motores	2.0
Verificar estado de la cámara de combustión y refractarios	8.0
Verificar estado de trampas de vapor	2.0
Limpieza cuidadosa de columna de agua	4.0
Verificar acoples y motores	2.0
Verificar asientos de válvulas y grifos	3.0
Verificar bloqueos de protección en el programador	1.0
Limpieza del sistema de circulación de gases	6.0
Total de horas en el mes	39.0

Tabla X Cálculo del número de técnicos para el mantenimiento mensual de una caldera

Calculo del Numero de Técnicos para el Mantenimiento Mensual de una Caldera	
Total de horas mensuales de mantenimiento	219.0
Horas promedio a laborar en un mes por ley (sin asuetos)	192.0
Numero de Técnicos Mensuales	1.14

Tabla XI Horas a laborar por mes

Mes	Horas
Enero	200
Febrero	176
Marzo	196
Abril	184
Mayo	200
Junio	188
Julio	192
Agosto	200
Septiembre	180
Octubre	200
Noviembre	192
Diciembre	188
Promedio	191.33

Tabla XII Costos de mano de obra para mantenimiento de caldera

Costos de mano de obra	Cantidad
Precio de hora promedio de un técnico (Q)	Q18.32
Numero de horas a laborar ordinarias	192
Numero de horas a laborar extraordinarias (1.5 ordinarias)	27 (40.5)
Total de sueldo de técnico por horas a laborar (Q)	Q4259.40

Tabla XIII Cálculo de mano de obra para mantenimiento de un calentador de agua

Mano de obra mensual	
Actividades	Tiempo (hrs.)
Chequeo diario (30 días)	0.5 (15.0)
Drenar y limpiar sedimentos del tanque	3.0
Desmontar y montar termostato	3.0
Remover e instalar elemento filtrante	1.0
Reemplazar washer de la válvula de drene	2.0
Chequear puntos de posibles fugas de agua	1.0
Total de horas en el mes	25.0

Tabla XIV Cálculo del número de técnicos para el mantenimiento mensual de un calentador eléctrico

Calculo del Numero de Técnicos para el Mantenimiento Mensual	
Total de horas mensuales de mantenimiento	25.0
Horas promedio a laborar en un mes por ley (sin asuetos)	192.0
Número de Técnicos Mensuales	0.13

Tabla XV Costos de mano de obra para mantenimiento de un calentador de agua

Costos de mano de obra	Cantidad
Precio de hora promedio de un técnico (Q)	Q18.32
Números de horas a laborar ordinarias	25.0
Total sueldo de técnico por horas a laborar (Q)	Q458.00

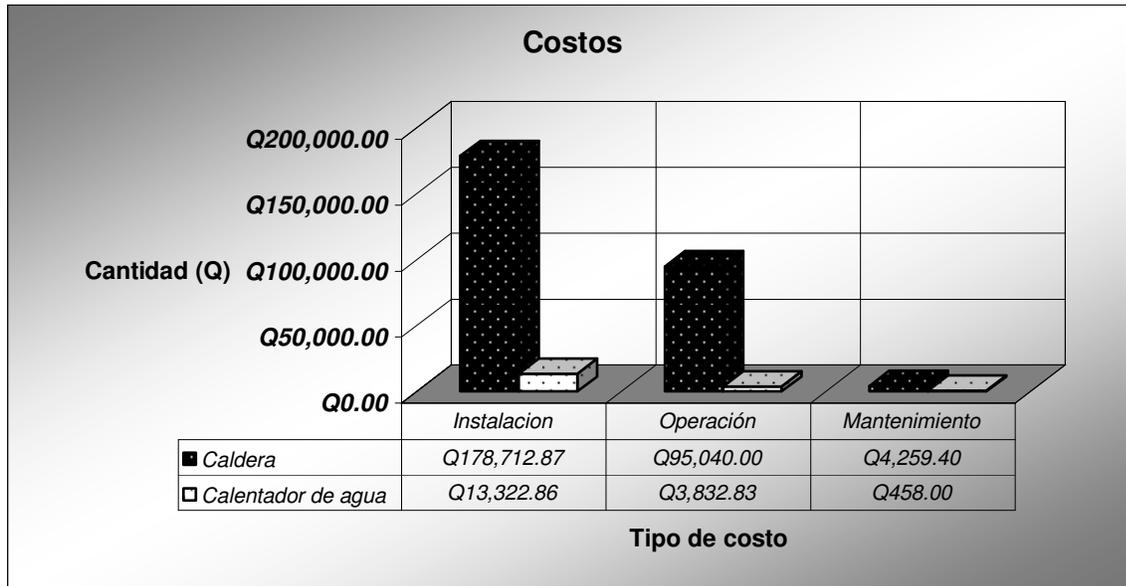
7.4.4 Comparación entre costos de los posibles sistemas a utilizar

En la tabla XIV se puede observar la comparación entre los dos posibles sistemas a instalar, en esta proyección no se toma en cuenta la tubería desde el intercambiador de calor (área de transferencia de calor principal) hacia la caldera o el calentador eléctrico, por depender básicamente del lugar donde se tenga acceso o se desee instalar.

Tabla XVI Comparación de costos Caldera vrs. Calentador Eléctrico

	Caldera Piro tubular	Calentador Eléctrico
Costos de instalación	Q178,712.87	Q13,322.86
Costos de operación mensual	Q95,040.00	Q3,832.83
Costos de mantenimiento mensual mano de obra	Q4,259.40	Q458.00

Figura 28 Costos de instalación inicial, operación y mantenimiento mensual.



CONCLUSIONES

1. Se generó una base que servirá para resolver problemas debido a la solidificación del aceite que es transportado en tuberías, entre la información que se obtuvo, se encuentra el porqué de la importancia de los aceites comestibles, cuando ocurre la solidificación del aceite, temperaturas ambientales en Guatemala, diseño de un intercambiador de calor y costos de compra de equipo, operación y mantenimiento.
2. La solidificación del aceite, se puede dar de un modo controlado para la elaboración de ciertos alimentos por medio de un proceso químico de nombre hidrogenación.
3. La solidificación de aceite comestible no controlada en una tubería, es resultado del cambio de viscosidad que sufren los fluidos debido a la temperatura a la que están expuestos, tendiendo a tener una mayor viscosidad cuando la temperatura desciende.
4. Como se pudo observar, la necesidad de este estudio para evitar la solidificación del aceite en tuberías, debido a la gran variedad de temperaturas ambientales en los distintos departamentos de Guatemala, es grande, pues éstas oscilaron en promedio desde los 1.2°C hasta los 37.3°C en los años 2002 y 2003.

5. Entre los distintos tipos de tubería que se mostraron en este estudio, la que muestra una transferencia de calor adecuada, es la tubería de cobre, siempre que las temperaturas que intervengan no sean muy elevadas.

6. Para decidir el método de generación y transmisión de calor más adecuado, se tomaron en cuenta factores tanto de seguridad como económicos, debido a esto, se seleccionó el calentador eléctrico por ser de bajo costo inicial (compra de equipo), de operación y mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. En el capítulo primero del presente trabajo de graduación, se trató el tema de la Hidrólisis, ésta, es una alteración del aceite, la cual puede generar aromas desagradables, debido a lo anterior, es aconsejable realizar un estudio a fondo.
2. En el método de generación de calor por medio de una caldera, es necesario llevar el control por escrito de la relación que se establece con la temperatura del agua de salida y la presión de vapor de entrada en el intercambiador de calor. Lo anterior, es debido a que la variación de temperatura en el intercambiador de calor, estará limitada por los reguladores de presión de vapor.
3. Si no se cuenta con una caldera en planta, es aconsejable que se utilice para la generación de calor, el calentador de agua, por ser mucho más económico y seguro que una caldera de vapor.
4. Al instalar un calentador eléctrico, es indispensable que cuente con su propia caja de interruptores.
5. Para poder comprobar la temperatura en las tuberías, es necesario contar con un medidor de temperatura adecuado, que nos proporcione medidas lo más cercanas a la realidad, para esto, se puede utilizar una pistola con medidor de temperatura digital, el cual utiliza un láser para las mediciones.
6. Identificar plenamente la temperatura a la cual se solidifica el aceite que se está utilizando, solicitando este dato al proveedor del aceite o por análisis de campo.

7. Si se cuenta con recursos económicos, se debe recubrir externamente la tubería con aislante térmico para optimizar la transferencia de calor, se puede utilizar fibra de vidrio RW4600 (diseñada para utilizarse en tuberías y equipos industriales), fabricada a base de arenas, silicatos y boratos, elementos naturales que dan como resultado un producto incombustible dotado de las características necesarias para funcionar como un eficiente aislante termoacústico.

REFERENCIAS

1. http://www.iespana.es/natureduca/geog_indice.html
Clima en Guatemala
2. <http://www.guaquira.com/EEGCClima.html>
Variables Meteorológicas
3. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología)
Departamento de Investigación y Servicios Meteorológicos, Climatología.
Ing. Mario Bautista
Temperaturas en Guatemala
4. <http://www1.universia.net/CatalogaXXI/C10010PPESIII/E139177/index.html>
Glosario

BIBLIOGRAFÍA

1. James R. Welty. Transferencia de Calor Aplicada a la Ingeniería. Noriega Editores, Editorial Limusa, S.A. 1998.
2. James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson. Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa. Editorial Limusa, S.A. 1988.
3. Keith Cornwell. Transferencia de Calor. Editorial Limusa, S.A.
4. Marks, Theodore Baumber, Eugene A. Avallone. Manual del Ingeniero Mecánico. Volumen II. Editorial McGraw-Hill. Octava Edición
5. Sopena. Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Tomo 3. Editorial Ramón Sopena, S.A.
6. Sopena Color. Diccionario Enciclopédico. Editorial Ramón Sopena, S.A. 1995.
7. Víctor L. Streeter, E. Benjamín Wylie. Mecánica de los Fluidos. Octava Edición. Editorial McGraw-Hill.