

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO E INSTALACION DE ALETAS DE ENFRIAMIENTO
AL SERPENTIN INSTALADO EN UN TANQUE DE LIQUIDOS,
DE LA INDUSTRIA LICORERA QUETZALTECA S.A.

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

NESTOR GONZALO DIAZ CARRILLO

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
TL4167
C4

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 tesis titulado:

DISEÑO E INSTALACION DE ALETAS DE ENFRIAMIENTO
AL SERPENTIN INSTALADO EN UN TANQUE DE LIQUIDOS,
DE LA INDUSTRIA LICORERA QUETZALTECA S.A.

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 4 de marzo de 1,997.



Néstor González Díaz Carrillo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO: ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS
VOCAL 1º.: ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL 2º.: ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORIZANO
VOCAL 3º.: ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL 4º.: BR. VICTOR RAFAEL LOBOS ALDANA
VOCAL 5º.: BR. WAGNER GUSTAVO LOPEZ CACERES
SECRETARIA: INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO: ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR: ING. JULIO CESAR MOLINA ZALDARA
EXAMINADOR: ING. MAURICE BERNARD MULET LESIEUR
EXAMINADOR: ING. JOSE ARTURO ESTRADA MARTINEZ
SECRETARIO: ING. JOSE ALBERTO BOY PIEDRASANTA

Quetzaltenango, 9 de junio de 1,997.

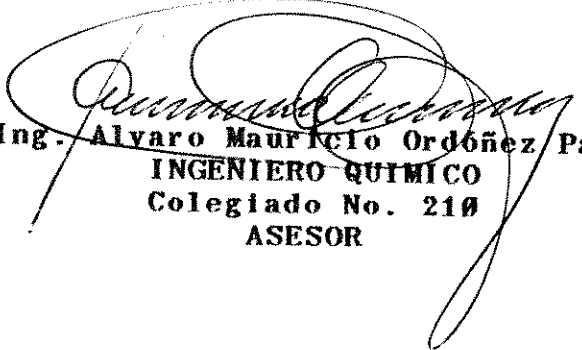
Ingeniero
Juan Merck Cos
Coordinador de la Unidad de Prácticas
de Ingeniería y E.P.S.
Presente.

Señor Coordinador:

Muy atenta y respetuosamente me dirijo a usted para saludarle y al mismo tiempo aprovecho la oportunidad para comunicarle que revisé el informe del proyecto E.P.S. titulado **DISEÑO E INSTALACION DE ALETAS DE ENFRIAMIENTO AL SERPENTIN INSTALADO EN UN TANQUE DE LIQUIDOS DE LA INDUSTRIA LICORERA QUETZALTECA, S.A.**, del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Mecánica, **NESTOR GONZALO DIAZ CARRILLO**, el cual a mi criterio cumple con los requisitos establecidos y lo doy **POR APROBADO**.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy atentamente,



Ing. Alvaro Mauricio Ordóñez Paz
INGENIERO QUIMICO
Colegiado No. 210
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
E.P.S.

Ciudad Universitaria, Zona 12
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.G.095.97

Guatemala, 23 septiembre de 1,997.-

Señor
Ing. Juan Merck Cos
Coordinador de la Unidad de
Prácticas de Ingeniería y E.P.S.
Presente.-

Señor Coordinador:

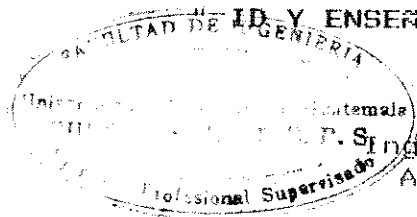
Por medio de la presente informo a usted, que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), del estudiante universitario NESTOR GONZALO DIAZ CARRILLO, procedí a revisar el Informe Final de la Práctica Supervisada, cuyo título es: DISEÑO E INSTALACION DE ALETAS DE ENFRIAMIENTO AL SERPENTIN INSTALADO EN UN TANQUE DE LIQUIDOS DE LA INDUSTRIA LICORERA QUETZALTECA S.A. el cual encuentro satisfactorio.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país, principalmente en la satisfacción de necesidades del sector productivo y en el proceso de vinculación con el mismo.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Deferentemente,



Ing. Edwin Estuardo Sarceño Z.
ASESOR-SUPERVISOR DE E.P.S.
AREA DE MECANICA

EESZ/eesz
c.c.: Archivo



FACULTAD DE INGENIERIA
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
E.P.S.

Ciudad Universitaria, Zona 12
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.C.175.97

Guatemala, 23 de septiembre 1,997.-

Señor
Ing. Carlos Humberto Pérez
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica.
Presente.-

Señor Director:

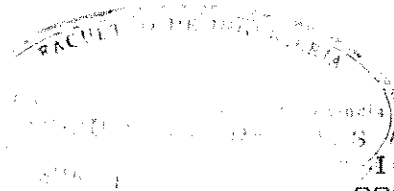
Por medio de la presente, envío a usted el Informe Final correspondiente a la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), titulado **DISEÑO E INSTALACION DE ALETAS DE ENFRIAMIENTO AL SERPENTIN INSTALADO EN UN TANQUE DE LIQUIDOS DE LA INDUSTRIA LICORERA QUETZALTECA S.A.** Este trabajo, lo desarrolló el estudiante universitario **NESTOR GONZALO DIAZ CARRILLO**, quien fue debidamente asesorado por el Ingeniero **Alvaro M. Ordoñez Paz.** y supervisado por el Ingeniero **Edwin Estuardo Sarceño Z.**

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de la Ley del referido trabajo y existiendo la **APROBACION** del mismo por parte del Asesor y el Supervisor, esta **COORDINACION** también **APRUEBA** su contenido, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo de usted, como su más atento y seguro servidor.

Deferentemente,

" ID Y ENSEÑAD A TODOS "



Ing. Juan Merck Cos
COORDINADOR DE E.P.S.

JMC/lat
c.c.: Archivo
Anexo: Informe Final mencionado.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.

Apartado Postal 217-I-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica. luego de conocer el dictamen del asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado DISEÑO E INSTALACION DE ALETAS DE ENFRIAMIENTO AL SERPENTIN INSTALADO EN UN TANQUE DE LIQUIDOS. DE LA INDUSTRIA LICORERA QUETZALTECA S. A. del estudiante Néstor Gonzálo Díaz Carrillo. recomienda su autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Pedro E. Kubes

Ing. Pedro Enrique Kubes Zacek

Coordinador de Area

Guatemala, octubre de 1.997.

Zheldei.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Area de Diseño, al trabajo de tesis titulado Diseño e Instalación de Aletas de Enfriamiento al Serpentin Instalado en un Tanque de Líquidos, de la Industria Licorera Quetzalteca S. A., del estudiante Néstor Gonzálo Díaz Carrillo, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑANZA A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

DIRECTOR

Guatemala, noviembre de 1,997.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

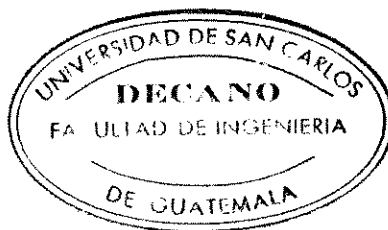
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, al trabajo de tesis titulado **Diseño e Instalación de Aletas de Enfriamiento al Serpentin Instalado en un Tanque de Líquidos**, de la Industria Licorera Quetzalteca, S.A. presentado por el estudiante universitario Néstor Gonzalo Díaz Carrillo, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE

ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS
D E C A N O

Guatemala, noviembre de 1.997.



ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por brindarme sabiduría e inteligencia y
ser mi guía en el camino de la vida.

MIS PADRES

Gonzalo Díaz
Eufemia Carrillo

MIS HERMANOS

William y María.

MI FAMILIA EN GENERAL

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

AGRADECIMIENTO A:

MIS PADRES

Por su cariño, orientación y esfuerzo para lograr mi superación.

FACULTAD DE INGENIERIA USAC

Por los conocimientos adquiridos que fueron base para mi formación profesional.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Por el apoyo recibido durante la elaboración de este trabajo de tesis.

INDUSTRIA LICORERA QUETZALTECA

Por haber permitido el desarrollo del trabajo de tesis.

ING. ALVARO ORDÓÑEZ PAZ

Por su valiosa asesoría en el desarrollo del presente trabajo de tesis.

INDICE GENERAL

- I LISTA DE SIMBOLOS
- II LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS
- III GLOSARIO

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
ASPECTOS GENERALES	
1.1 Monografía	3
1.2 Qué es y qué hace la Industria Licorera	4
1.3 Bodegas	6
1.4 Aguas milenarias	7
1.5 Como se elabora el Ron	7
1.6 Barricas	8
1.7 Objetivo del proyecto	9
1.8 Descripción del tanque	9
1.9 Proceso del licor de café	11
CAPITULO 2	
FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR	
2.1 Transferencia de calor	17
2.2 Teoría de calor	17
2.3 Mecanismos de la transferencia de calor	18
2.4 Procesos de transferencia de calor	21
CAPITULO 3	
SERPENTINES Y SUPERFICIES EXTENDIDAS	
3.1 Serpentín de tubos	23
3.2 Serpentín sumergido	27
3.3 Superficies extendidas	30
3.4 Clasificación de las superficies extendidas	32
3.5 Sistemas de aletas de conducción-convección	35
CAPITULO 4	
MATERIALES	
4.1 Materiales de construcción	40
4.2 Cobre	40
4.3 Latón	41
4.4 Aluminio	42
4.5 Acero inoxidable	42

CAPITULO 5

CALCULOS

5.1	Cálculos	45
5.2	Cálculo de calor disipado por el serpentín	46
5.3	Cálculo y diseño de aletas de enfriamiento	47
5.4	Cálculo de calor máximo	51
5.5	No. de aletas	51
5.6	Colocación de las aletas al serpentín	52
5.7	Cálculo del costo	53

CAPITULO 6

MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL DEPOSITO Y ACCESORIOS

6.1	Mantenimiento	56
6.2	Funciones y objetivos del mantenimiento	57
6.3	Clasificación del mantenimiento	57
6.4	Mantenimiento del tanque	61
6.5	Mantenimiento del serpentín	61
6.6	Mantenimiento del motor y su agitador	62
6.7	Mantenimiento de la bomba	62
CONCLUSIONES		64
RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFIA		68
REFERENCIAS		69

LISTA DE SIMBOLOS

r	Radio
D	Diámetro
L	Largo
A	Area del tanque
q	Calor producido
W	Watts
h	Coefficiente de transferencia de calor
T	Temperatura
D_{ext}	Diámetro exterior
D_{int}	Diámetro interior
K	Conductividad térmica
m	Metro
$^{\circ}C$	Grados centígrados
Q	Calor disipado
m	Gasto másico
Cp	Calor específico
Lts	Litros
Seg	Segundos
R	Radio del tubo
t	Espesor
Na	Eficiencia
Q_{max}	Calor máximo disipado
i	Corriente
E	Voltaje
kW	Kilowatts
Lb	Libra

LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

No.	FIGURA	PAGINA
1.1	Mapa de Quetzaltenango	5
1.2	Licorera	8
1.3	Componentes del tanque	10
1.4	Serpentín	12
1.5	Diagrama de calentamiento y enfriamiento	16
1.6	Diagrama de flujo del proceso	16
2.1	Flujo de calor a través de una pared	19
3.1	Tipos de serpentines	24
3.2	Serpentín en un recipiente con agitación	26
3.3	Serpentín sumergido	27
3.4	Superficies extendidas	30
3.5	Clasificación superficies extendidas	33
3.6	Tipos de aletas	34
3.7	Formas de aletas	35
3.8	Tubo y aleta	38
4.1	Tabla de conductividades térmicas	44
4.1	Gráfica del diámetro de aleta vrs. eficiencia	48
4.2	Gráfica de eficiencia vrs. calor disipado	48
4.3	Dimensiones de las aletas	49
4.4	Gráfica de eficiencia de aletas	50
4.5	Diámetro de la aleta	52
4.6	Forma de corte	53
4.7	Colocación	53
6.1	Tabla del mantenimiento preventivo	62

GLOSARIO

- GUARAPO:** jugo extraído de los molinos de caña de azúcar.
- GAY LUSSAC:** científico que inventó los grados que sirven para medir el alcohol.
- BARRICAS:** son de roble blanco y sirven para el reposo de licor de café.
- CALOR:** es una forma de energía en movimiento de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperatura entre ambos.
- PRESION:** es una variable indicativa de la interacción molecular entre un cuerpo y el medio que lo rodea. También se puede definir como la relación entre la fuerza aplicada sobre una unidad de superficie.
- TEMPERATURA:** es una propiedad intrínseca de la materia. Indica el grado de presión térmica a la cual está sometida un cuerpo. Alta presión térmica corresponde a un cuerpo caliente y, por ende, alta temperatura.
- EFICIENCIA:** relación entre lo producido y lo que se debe producir basado en normas establecidas.
- PRODUCTIVIDAD:** capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, materia prima y tiempo. Relación entre lo obtenido y lo invertido.
- PROGRAMACION:** declaración de lo que se piensa hacer.
- PERIODO:** tiempo que tarda una cosa en volver al estado que tenía antes.
- LIQUIDO:** cuerpos, cuyas moléculas se adaptan a la forma de la cavidad que las contiene.
- ESENCIA:** solución compuesta de café y agua tratada.

EBULLICION: hierva la esencia de café y el jarabe.

ABRASIVO: sustancia utilizada para esmerilar, pulir, etc.

MEZCLA: consiste juntar la esencia de café y el jarabe.

MLDT: media logarítmica de la diferencia de temperaturas.

SERPENTIN: elemento metálico de alta conductividad térmica, utilizado en intercambiadores de calor.

JARABE: solución compuesta por azúcar cocida con agua tratada.

SHINGA: residuo de café después de haberle extraído la esencia.

SISADORA: máquina que coloca y sella tapones.

ISOTERMICO: es un cambio de energía o transformación de materia a temperatura constante.

ISOTROPICO: cuerpo que presenta las mismas propiedades sea cualquiera la dirección en que se le considere.

ALBAÑALES: canal que da salida a un sistema de agua.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

INTRODUCCION

Generalmente se vive en un mundo rodeado de necesidades, y para satisfacer tales necesidades, el hombre con su inteligencia se las ha ingeniado al crear una o varias soluciones a cada problema.

El presente trabajo fue realizado en Industria Licorera Quetzalteca, ubicada en el kilómetro 204.5 carretera a San Marcos, de la ciudad de Quetzaltenango, y se enfocó en el estudio del diseño de aletas de enfriamiento para el serpentín instalado en un tanque de líquidos, ya que el proceso de enfriamiento se considera un aporte importante para la producción del licor de café.

El serpentín está instalado en un tanque de acero inoxidable en donde se lleva a cabo el proceso de calentamiento y enfriamiento de la esencia de café y jarabe, para obtener el licor de café.

La finalidad del trabajo es reducir el tiempo de enfriamiento de la esencia de café y jarabe, para aumentar la producción del licor de café; en el capítulo uno se hace una descripción del proceso de calentamiento y enfriamiento, y se describe el proceso de embotellado del licor de café.

En el capítulo dos, se describen los diferentes mecanismos básicos de transferencia de calor, que son: conducción, convección y radiación; luego, en el capítulo tres, se presentan los diferentes tipos de serpentines y superficies extendidas, haciendo énfasis en aletas de conducción-convección.

Seguidamente, en el capítulo cuatro, se hace un estudio de algunos materiales, como el cobre, aluminio, latón y acero inoxidable, y en el capítulo cinco los cálculos de disipación de calor del serpentín y diseño de las aletas y su colocación.

Finalmente, en el capítulo seis, se describen los diferentes tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo y de avería, y se propone un mantenimiento preventivo para el tanque, serpentín, motor y bomba.

CAPITULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1 MONOGRAFIA DEL LUGAR

La ciudad de Quetzaltenango es la cabecera del departamento de Quetzaltenango; está ubicada a 200 km de la Ciudad Capital; se encuentra a 2,333 metros sobre el nivel del mar y su extensión territorial es de 1,591 kilómetros cuadrados.

Gran parte de la ciudad de Quetzaltenango está compuesta de rocas eruptivas antiguas y modernas; su clima es, por lo general, frío y sano, pero hay zonas templadas en las partes de menor elevación. La ciudad de Quetzaltenango es conocida también con el nombre indígena de Zelajuuj, que quiere decir "bajo el gobierno de los Diez".

La feria titular es del 12 al 18 de septiembre; la ciudad de Quetzaltenango presenta toda la variedad de la actividad económica, pues cuenta con prósperas industrias de intenso comercio como fábricas de tejidos, tenerías, carrocerías, cerveza, aguas gaseosas, ron y multitud de artesanías, que son de gran atractivo turístico, así como una agricultura diversificada que va desde la siembra de triguales, café, maíz, hasta hortalizas y frutas.

La industria licorera quetzalteca está ubicada en el

kilometro 204.5 de la ciudad de Quetzaltenango, en la carretera que conduce a San Marcos. La licorera tiene un período de 11 meses de producción, que va de junio a abril; en este período produce en su totalidad los pedidos al extranjero y los nacionales, y deja llena la bodega; en el mes de mayo se realiza el programa de mantenimiento.

La ubicación de la industria licorera quetzalteca se puede observar en la figura 1.1.

1.2 QUE ES Y QUE HACE LA INDUSTRIA LICORERA QUETZALTECA, S.A.

La Industria Licorera Quetzalteca fue fundada en 1,940 como una compañía limitada, y en 1,963 se constituyó como sociedad anónima. Su sede inicial estuvo ubicada en la 8a. avenida y 8a. calle de la zona 1 de la ciudad de Quetzaltenango, y en el año de 1,971 se trasladó a sus nuevas instalaciones en la salida a San Marcos, donde funciona actualmente.

Las instalaciones cuentan con lo siguiente: oficinas administrativas, almacén general, bodegas de añejamiento, salas de preparación de licores, salones de embotellado, bodegas de envase y producto terminado, sala de calderas y taller mecánico, laboratorio de control de calidad, clínica médica, comedor, vestidores, duchas y amplios jardines; todo esto está distribuido dentro de un área de 11,200 metros cuadrados.

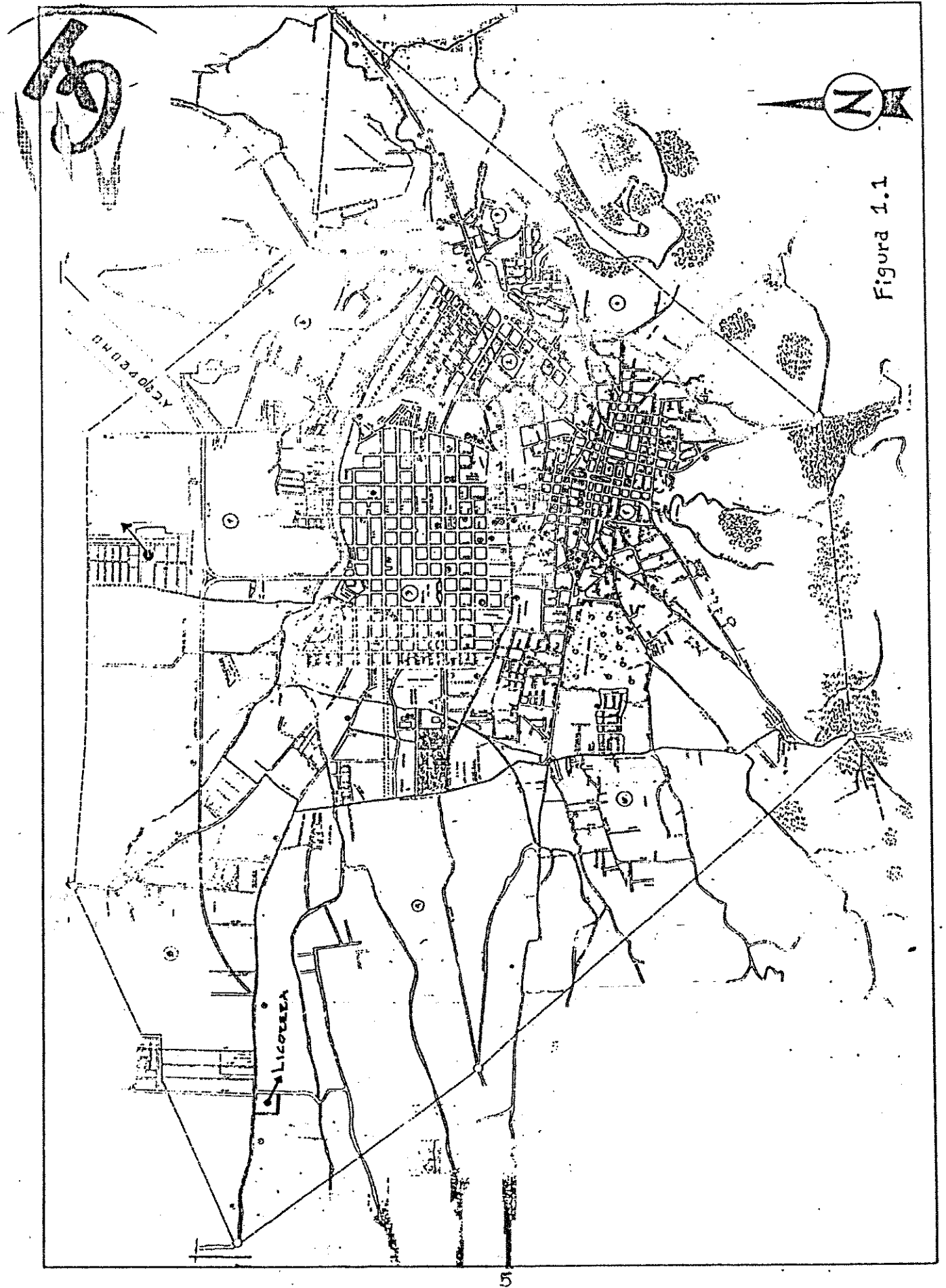


Figura 1.1

Su amplia gama de productos se pueden clasificar de la siguiente forma:

- rones pesados (aromáticos): Ron Botrán Solera 1,893, Ron Botrán Añejo etiqueta negra y licor de café (Cafeto),
- rones intermedios: Ron Botrán Oro, Colonial,
- rones livianos: Ron Botrán etiqueta blanca y Extra Light,
- vodkas: Vodka Botrán y Vodka Borovieff.
- licores populares: Quetzalteca Especial y Barrilito.

Todos ellos se envasan en diferentes capacidades.

La Nacional, Distribuidora de Licores, S.A. se encarga de la distribución y venta de todos los productos a nivel nacional y varios países de Centro América, México, Estados Unidos, América del Sur, Alemania, España y Japón, que tienen una especial predilección por la calidad de los productos.

Esta fábrica está considerada como la planta mayor de Guatemala; vende en la actualidad el 80 % del consumo nacional de ron, y da bienestar, seguridad y estabilidad a 80 empleados que conforman la gran familia de Industria Licorera Quetzalteca.

1.3 BODEGAS

Son dos bodegas; una es la 1,893, se llama así porque es la fecha en que nació Don Venancio Botrán Merino socio fundador; aquí se almacena el añejo de 10 a 15 años, y la bodega 1,940, cuyo nombre se debe a la fecha en que fue fundada como compañía

limitada y es donde se almacena añejo de 5 a 10 años.

Cuando se empezó a elaborar Ron Botrán en 1,953, se trajeron materias primas o sea añejos de 10 años de la firma Partagas, de Cuba, y a partir de 1,958 el Ron Botrán fue 100% guatemalteco.

1.4 AGUAS MILENARIAS

Lo de las aguas milenarias no es una frase suelta de propaganda, sino que de las montañas de Quetzaltenango se ha ido recogiendo o guardando el agua desde hace años. Así se encontró en esta montaña milenaria a 868 pies de profundidad, agua pura, sana, filtrada, y eso originó el decir de la empresa; se construyó un tanque que tiene capacidad de 1,000,000 de litros; el tanque tiene 4 divisiones o compartimientos de 250,000 litros cada uno.

1.5 COMO SE ELABORA EL RON

El proceso de elaboración de un buen ron nace, o se inicia con la selección concienzuda de la caña de azúcar, las cuales se muelen para extraer el jugo, que recibe el nombre de Guarapo, que al extraerle el agua se transforma en la miel virgen. La miel virgen mezclada con agua y sometida a un proceso de fermentación y destilado, es lo que se llama aguardiente de caña; el aguardiente de caña es añejado de 7 a 10 años en Santa Lucía Cotzumalguapa.

Este añejamiento comienza en clima cálido, y

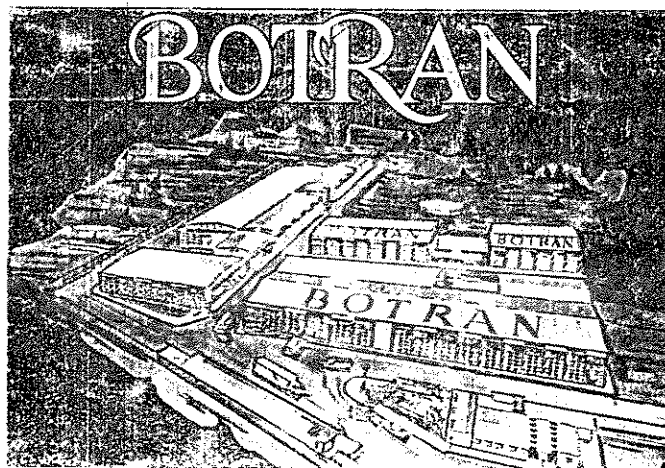
luego de esos 7 o 10 años se traslada a Quetzaltenango para continuar su afeamiento por 3 años en clima frio. El ron tiene un 60% de agua pura destilada y de 40 grados alcohólicos; estos 40 grados en alcohol se llaman Gay Lussac. Gay Lussac fue el que inventó esa graduación, junto con el alcoholímetro; por eso lleva su nombre.

Un ron que no tenga por lo menos 5 años de afeamiento sigue considerándose como simple aguardiente.

1.6 BARRICAS

Las barricas para producir un buen ron tienen que ser de Roble Blanco. Las que aquí se utilizan son traídas de Estados Unidos, fabricadas con maderas especialmente tratadas.

Los tanque son de acero inoxidable, y la capacidad de las barricas es de 20,000 litros.



LICORERA. FIGURA 1.2

1.7 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo principal del proyecto es el de mejorar el enfriamiento de líquidos del tanque por medio de la instalación de aletas de enfriamiento al serpentín, y con esto reducir el tiempo de enfriamiento para aumentar la producción.

El producto involucrado es el licor de café, que consta de esencia de café y jarabe de azúcar.

1.8 DESCRIPCION DEL TANQUE

El tanque se utiliza para sacar la esencia de café y el jarabe; está compuesto por un serpentín espiral plano que se encuentra en el fondo, un termómetro y un motor de $\frac{1}{2}$ HP que acciona un agitador.

El tanque está construido de acero inoxidable y tiene las siguientes dimensiones:

diámetro = 1.60 m

altura = 1.70 m.

En la parte superior, tiene un motor que acciona un agitador de acero inoxidable, y tiene una capacidad para 3,000 litros, (ver figura 1.3).

1.8.1 Descripción del serpentín

El serpentín es espiral plano, está construido de acero

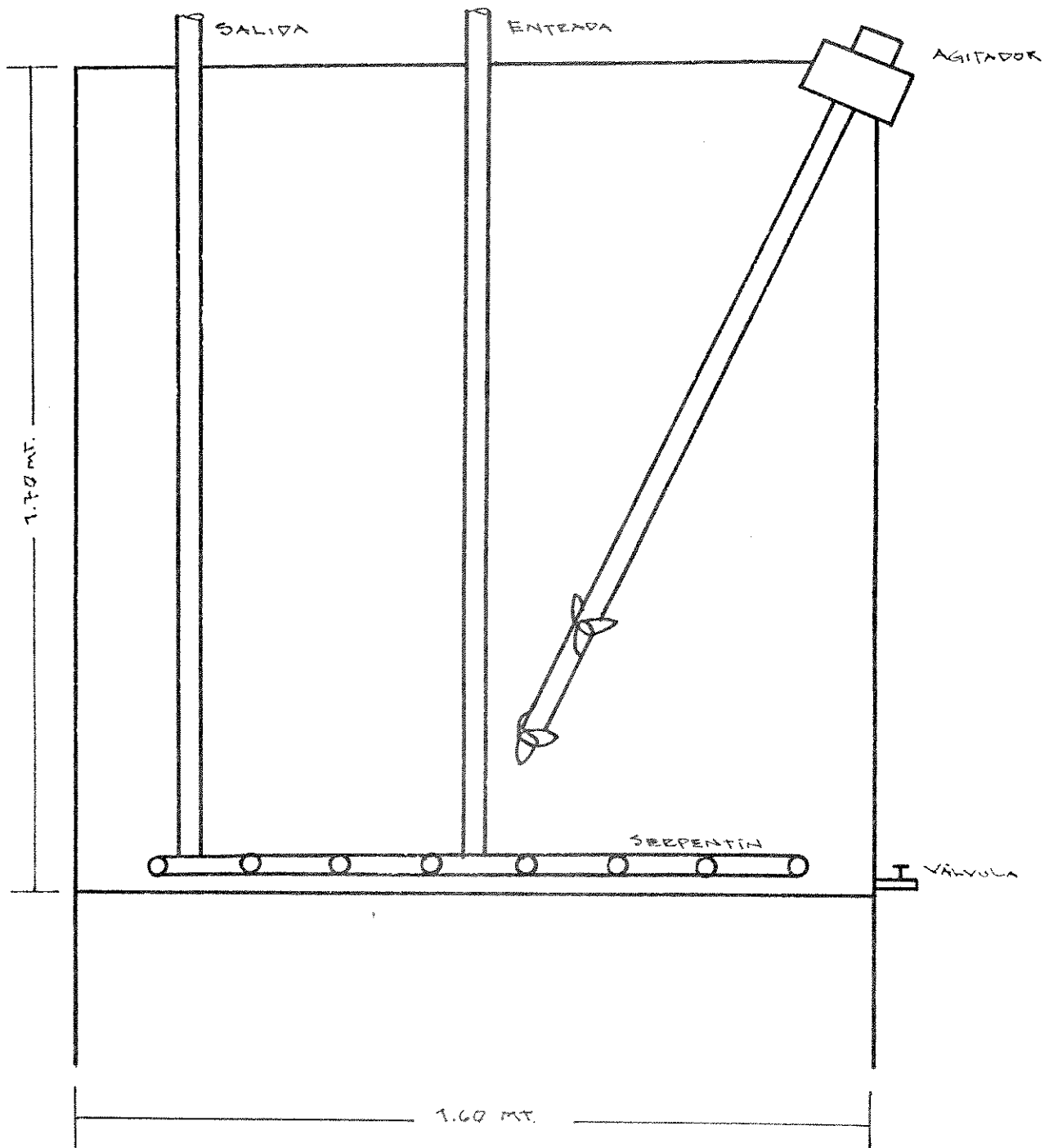


FIGURA 1.3. COMPONENTES DEL TANQUE

inoxidable, se encuentra en el fondo del tanque y sus dimensiones son:

diámetro exterior del tubo = 3/4 ",
diámetro interior del tubo = 1/2 ",
largo del serpentín = 9.14 m,

(ver figura 1.4).

1.9 PROCESO DE ELABORACION DEL LICOR DE CAFE

Este producto envasado en el mercado se encuentra con el nombre de cafeto, y para su elaboración consta de tres etapas que son:

- elaboración de la esencia de café,
- elaboración del jarabe,
- alcohol potable.

1.9.1 Elaboración de la esencia de café.

Para elaborar la esencia, se llevan a cabo dos procesos, uno de calentamiento y otro de enfriamiento.

- **Proceso de calentamiento:** se inicia a las 8:00 de la mañana, empezando su preparación con depositar 720 litros de agua suavizada en el tanque, en el cual está instalado el serpentín, luego se calienta, haciendo pasar vapor a 100 psi por el interior del serpentín, durante hora y media (tiempo en que el agua alcanza una temperatura de 80°C), y se le agrega 460 libras de café molido de primera.

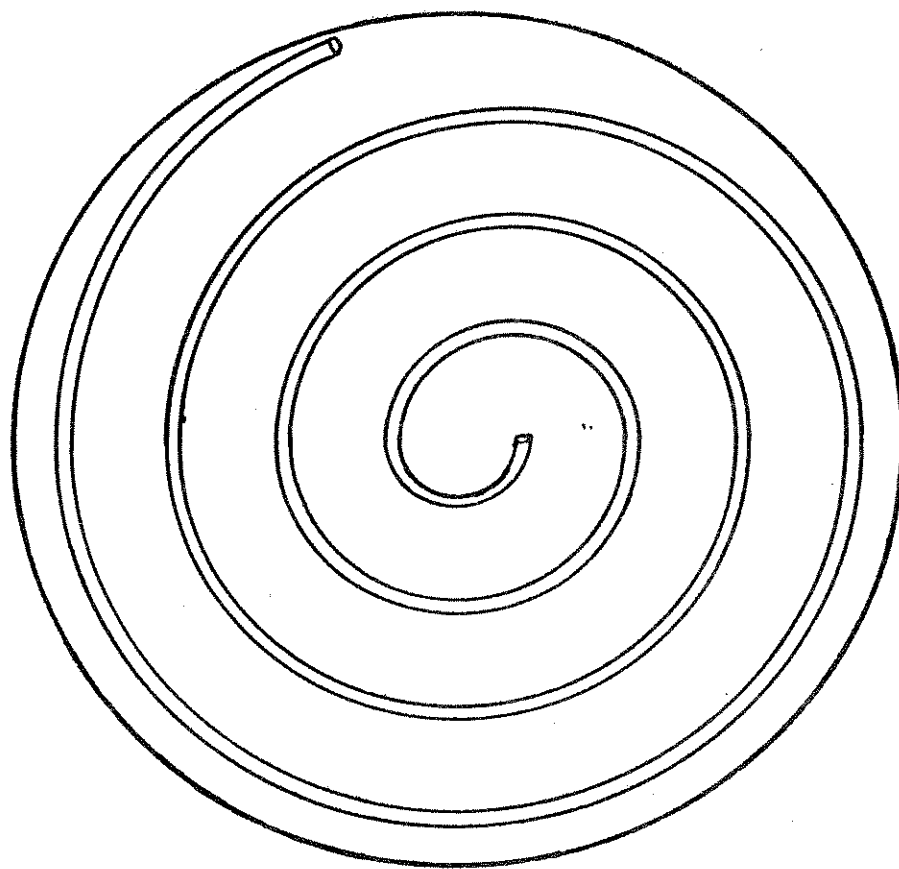


FIGURA 1.4. SERPENTIN

Cuando está el café en el tanque, se mantiene la temperatura de 80°C por dos horas, para que el café suelte su esencia, luego se corta el suministro de vapor, y se deja en el tanque por el resto del día.

- **Proceso de enfriamiento:** a partir de las 8:00 de la mañana del día siguiente al del calentamiento, se inicia el proceso de enfriamiento, en el cual se hace circular agua a temperatura ambiente por el interior del serpentín, ya que se conecta la tubería de agua y se corta la de vapor; el agua se hace circular por 8 horas diarias durante dos días. En este tiempo, la esencia de café no se logra enfriar totalmente, por lo que se tiene que trasladar la esencia otro tanque, en donde permanece dos días más. La tardanza en el proceso de enfriamiento se debe a que la esencia con la shinga se vuelve demasiado viscosa y el serpentín no logra absorber con rapidez el calor, ya que el área no es suficiente para una rápida transferencia.

Al trasladar la esencia a otro tanque, se debe tener el cuidado de pasar la menor cantidad de shinga, por lo cual hay que colocar una pichacha en la punta de la manguera de succión, para que sirva como filtro. Al quinto día, estando la esencia a temperatura ambiente, se pasa por un filtro de placas, en donde se quedan los residuos de café y cualquier otra incrustación, que pueda tener, luego se deposita en un tanque de reposo, para realizar la mezcla con las otras fases.

1.9.2 Elaboración del Jarabe.

Al igual que la esencia de café, tiene 2 procesos: el de calentamiento y el de enfriamiento, y se elabora en el mismo tanque.

- a. **Proceso de calentamiento:** para el calentamiento, se utiliza vapor al igual que en el proceso de la esencia; se depositan 720 litros de agua suavizada, luego se agregan 23 quintales de azúcar, se acciona el motor del agitador y se inicia el calentamiento; a los 95 °C el azúcar se disuelve, y se deja posteriormente por tres horas a 105 °C, ya que esta temperatura es la de ebullición del jarabe.
- b. **Proceso de enfriamiento:** el jarabe se enfría en forma similar a la esencia de café, con la diferencia de que su enfriamiento es más rápido, pues el jarabe no es muy viscoso, por lo que se puede encender el agitador para una mejor circulación.

1.9.3 Alcohol potable.

El alcohol potable, que se agrega para la composición del cafeto, se obtiene a través de una destiladora que se encuentra en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla; se hacen pedidos cada 15 días por una cantidad de 20,000 litros; lo envían por medio de un cisterna y lo depositan en dos tanques para alcohol, que tienen una capacidad de 21,000 litros; el grado alcohólico que trae es de 95.4 GL.

Teniendo los tres componentes, esencia, jarabe y alcohol, se introducen al tanque de preparación el jarabe, 800 litros de alcohol y 760 litros de agua para mezclar con la esencia. El proceso de agitación se realiza por tres horas, luego la mezcla se pasa por un filtro de placas y se deposita en una barrica (pipa) en el salón de reposo, donde se deja por quince días mínimo.

Para su envasado, se hace pasar el cafeto por un filtro pulidor, que es un filtro de disco, luego se conduce el líquido a la llenadora, de donde sale en botellas, que son trasladadas a la sisadora; luego son conducidas por transportadores a la etiquetadora; ésta coloca la etiqueta y contraetiqueta y la cápsula en la tapa de la botella, y de aquí se traslada a la empacadora de donde salen en cajas de 12 unidades.

A continuación, se detalla el diagrama de flujo del proceso y el diagrama del calentamiento y enfriamiento.

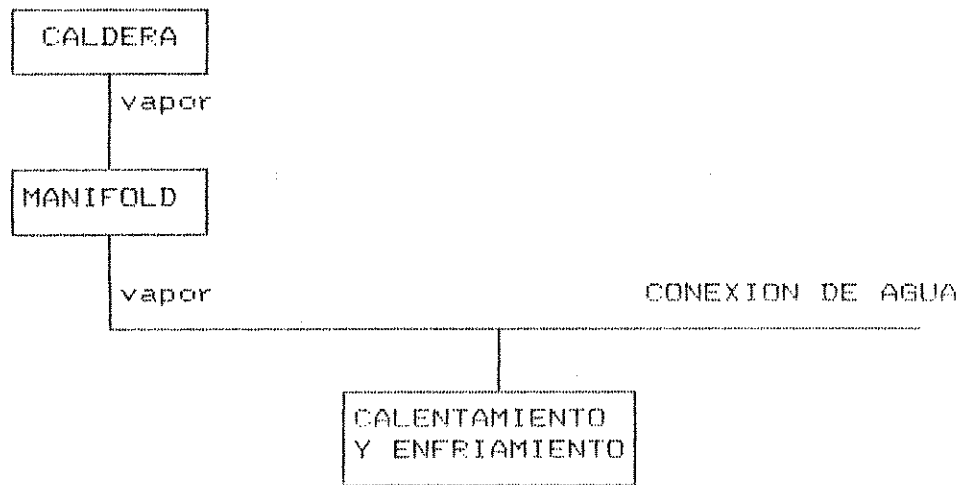


FIGURA 1.5. DIAGRAMA DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO.

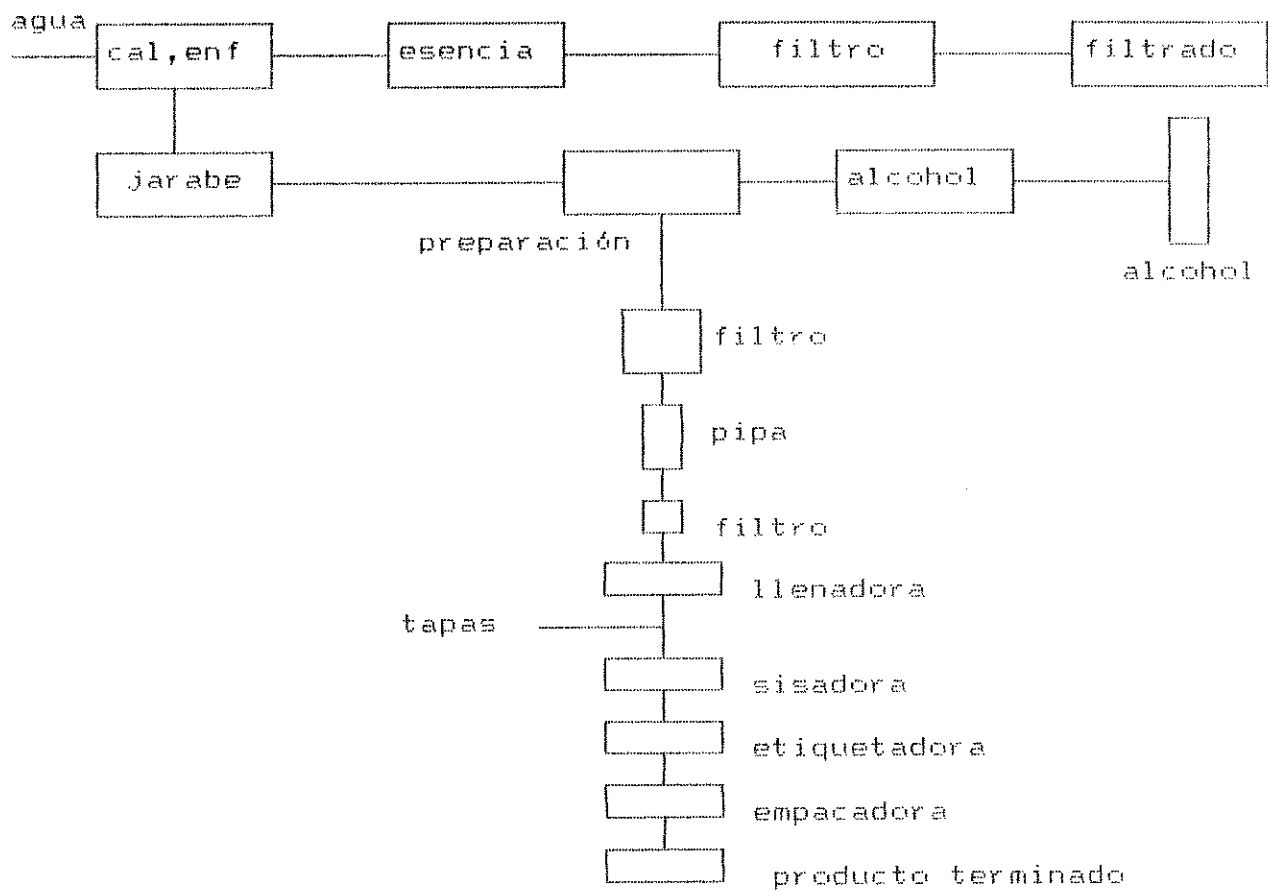


FIGURA 1.6. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

2.1 TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor está relacionada con la razón de intercambio de calor entre cuerpos calientes y fríos llamados fuente y receptor. Cuando se vaporiza una libra de agua o se condensa una libra de vapor, el cambio de energía en los dos procesos es idéntico. La velocidad a la que cualquiera de estos procesos puede hacerse progresar con una fuente o receptor independiente es diferente. Generalmente, la vaporización es un fenómeno mucho más rápido que el de la condensación.

2.2 TEORIA DEL CALOR

El estudio de la transferencia de calor se facilita mediante una comprensión total de la naturaleza del calor. Sin embargo, ésta es una ventaja que no está fácilmente disponible, ya que se han descubierto muchas manifestaciones del calor, lo que ha impedido que una teoría simple las cubra a todas ellas. Las leyes que pueden aplicarse a transiciones de masa pueden ser inaplicables a transiciones moleculares o atómicas, y aquellas que son aplicables a las bajas temperaturas pueden no serlo a las temperaturas altas. Para propósitos de ingeniería, es necesario comenzar el estudio con información básica acerca de unos cuantos

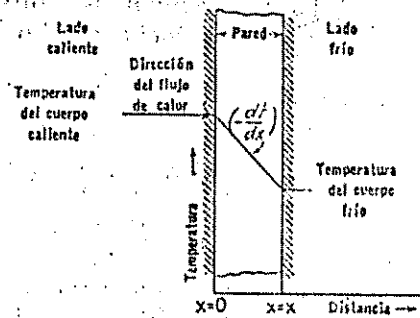
fenómenos. Las fases de una sustancia simple, sólida, líquida y gaseosa, están asociadas con su contenido de energía. En la fase sólida, las moléculas o átomos están muy cercanos, y esto da rigidez. En la fase líquida, existe suficiente energía térmica para extender la distancia de las moléculas adyacentes, de manera que se pierde la rigidez. En la fase de gas, la presencia de energía térmica adicional resulta en una separación relativamente completa de los átomos o moléculas, de manera que pueden permanecer en cualquier lugar de un espacio cerrado. Para una misma sustancia en sus diferentes fases, sus diferentes propiedades térmicas tienen distinto orden de magnitud. Por ejemplo, el calor específico por unidad de masa es muy bajo para los sólidos, alto para los líquidos y, usualmente, de valores intermedios para los gases. Asimismo, en cualquier cuerpo que absorba o pierda calor, deben guardarse especiales consideraciones respecto a si el cambio es de calor latente, o sensible, o de ambos. Más aún, se conoce también que una fuente caliente es capaz de grandes excitaciones subatómicas, a tal grado que emite energía sin ningún contacto directo con el receptor, y éste es el principio fundamental de la radiación.

2.3 MECANISMOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR

Hay tres formas diferentes en las que el calor puede pasar de la fuente al receptor, aun cuando muchas de las aplicaciones en la ingeniería son combinaciones de dos o tres. Estas son: conducción, convección y radiación.

2.3.1 Conducción

La conducción es la transferencia de calor a través de un material fijo, tal como la pared estacionaria mostrada en la figura 2.1.



FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE UNA PARED

FIGURA 2.1

La dirección del flujo de calor será a ángulos rectos a la pared, si las superficies de las paredes son isotérmicas y el cuerpo es homogéneo e isotrópico. Supóngase que una fuente de calor exista a la izquierda de la pared y que existe un receptor de calor en la superficie derecha. Es conocido y después se confirmará por una derivación, que el flujo de calor por hora es proporcional al cambio de temperatura a través de la pared y al área de la pared A . Si t es la temperatura en cualquier punto de la pared y x es el grueso de la pared en dirección del flujo de calor, la cantidad de flujo de calor dQ es dada por

$$dQ = k A (-dt/dx) \text{ W/hor} \quad (2.1)$$

El término $-dt/dx$ se llama gradiente de temperatura y tiene un signo negativo si se supuso una temperatura mayor en la cara

de la pared en donde $x=0$ y menor en la cara donde $x = X$. En otras palabras, la cantidad instantánea de transferencia de calor es proporcional al área y a la diferencia de temperatura dt que impulsa el calor a través de la pared de espesor dx . La constante de proporcionalidad k es peculiar a la conducción de calor por conductividad, y se le conoce por conductividad térmica. Esta conductividad se evalúa experimentalmente y está básicamente definida por la ecuación 2.1. La conductividad térmica de los sólidos tiene un amplio rango de valores numéricos depende de si el sólido es relativamente un buen conductor del calor, tal como un metal, o un mal conductor como el asbesto. Estos últimos sirven como aislantes. Aun cuando la conducción de calor se asocia usualmente con la transferencia de calor a través de los sólidos, también es aplicable a gases y líquidos, con sus limitantes.

2.3.2 Convección

La convección es la transferencia de calor entre partes relativamente calientes y frías de un fluido por medio de mezcla. Supóngase que un recipiente con un líquido se coloca sobre una llama caliente. El líquido que se encuentra en el fondo del recipiente se calienta y se vuelve menos denso que antes, debido a su expansión térmica. El líquido adyacente al fondo también es menos denso que la porción superior fría, asciende a través de ella, y transmite su calor por medio de mezcla conforme asciende. La transferencia de calor líquido caliente del fondo del

recipiente al resto, es convección natural o convección libre. Si se produce cualquier otra agitación, tal como la provocada por un agitador, el proceso es de convección forzada. Este tipo de transferencia de calor puede ser descrito en una ecuación de conducción, y es dada por

$$Q = hA(t) \quad (2.2)$$

La constante de proporcionalidad h es un término sobre el cual tiene influencia la naturaleza del fluido y la forma de agitación, debe ser evaluada experimentalmente, y se le llama coeficiente de transferencia de calor. A la ecuación 2.2 se le conoce como la ley del enfriamiento de Newton.

2.3.3 Radiación

La radiación involucra la transferencia de energía radiante desde una fuente a un receptor. Cuando la radiación se emite desde una fuente a un receptor, parte de la energía se absorbe por el receptor y parte es reflejada por él. Basándose en la segunda ley de la termodinámica, y es dada por la ecuación:

$$dQ = \sigma \epsilon dA t^4 \quad (2.3)$$

A la ecuación 2.3 se le conoce como ley de la cuarta potencia.

2.4 PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Se ha descrito a la transferencia de calor como el estudio de las velocidades a las cuales el calor se intercambia entre fuentes de calor y receptores, tratados generalmente de manera

independiente. Los procesos de transferencia de calor se relacionan con las razones de intercambio térmico, tales como los que ocurren en equipo de transferencia de calor, tanto en ingeniería mecánica como en los procesos químicos. Este enfoque realiza la importancia de las diferencias de temperatura entre la fuente y el receptor, lo que es, después de todo, el potencial por el cual la transferencia de calor se lleva a efecto. Un problema típico de procesos de transferencia de calor involucra las cantidades de calor que deben transferirse, las razones a las cuales pueden transferirse, debido a la naturaleza de los cuerpos, la diferencia de potencial, la extensión y arreglo de las superficies que separan la fuente y el receptor, y la cantidad de energía mecánica que debe disiparse para facilitar la transferencia de calor. Puesto que la transferencia de calor considera un intercambio en un sistema, la pérdida de calor por un cuerpo deberá ser igual al calor absorbido por otro dentro de los confines del mismo sistema.

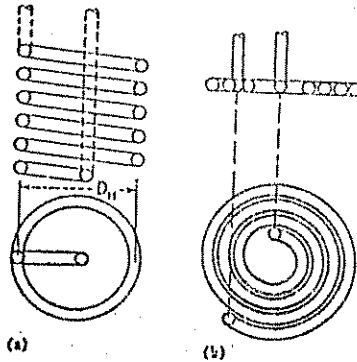
CAPITULO 3

SERPENTINES Y SUPERFICIES EXTENDIDAS

3.1 SERPENTIN DE TUBOS

El serpentín de tubos proporciona uno de los medios más baratos de obtener superficie para transferencia de calor. Generalmente, se construyen doblando longitudes variables de tubería de cobre, acero o aleaciones, para darle forma de hélice, o serpentines helicoidales dobles en los que la entrada y salida están convenientemente localizadas lado a lado. Los serpentines helicoidales de cualquier tipo se instalan frecuentemente en recipientes cilíndricos verticales, ya sea con agitador o sin él, y siempre se provee de espacio entre el serpentín y la pared del recipiente para circulación. Cuando estos serpentines se usan con agitación mecánica, el eje vertical del agitador corresponde generalmente al eje vertical del cilindro. Los serpentines de doble espiral pueden instalarse dentro de corazas con sus conexiones pasando a través de la coraza o sobre su tapa. Tales aparatos son similares a un intercambiador tubular, aunque limitados a pequeñas superficies. Otro tipo de serpentín es el de espiral plano, que es un espiral enrollado en un plano, de manera que se puede localizar cerca del fondo de un recipiente para transferir calor por convección libre. Ejemplos de este tipo de serpentines se muestran en la figura 3.1. La manufactura de los serpentines, particularmente con diámetros superiores a 1

pulgada, requiere técnicas especiales para evitar que el tubo se colapse, y dé secciones elípticas, ya que esto reduce el área de flujo.



a) Espiral simple

b) Espiral plano

FIGURA 3.1 TIPOS DE SERPENTINES

3.1.1 Coeficientes en los tubos

Debido al aumento en turbulencia, debe esperarse que los coeficientes de película para los tubos en un serpentín sean mayores para un cierto flujo en peso que para un tubo recto. Para un intercambiador de tubo doble helicoidal de agua a agua, Richter ¹ obtuvo coeficientes totales que son cerca de 20%, mayores que aquellos computados para tubos rectos usando velocidades de flujo similares. Jeschke ² obtuvo datos del enfriamiento de aire en un serpentín de tubos de acero de 1 1/4 pulg. de diámetro. Para usos ordinarios McAdams ³, sugiere que los datos para tubos rectos pueden usarse cuando los valores de h así obtenidos se multiplican por $1 + 3.5(D/D_h)$, donde D es el diámetro interior del tubo en pies, y D_h es el diámetro para

líquidos específicos se aplique a ellos la misma corrección. Correcciones precisas no son importantes, ya que en muchos casos es costumbre usar en los tubos agua fría o vapor, cualquiera de ellos es controlable. Para agua que fluya dentro de los tubos, se sugiere que los coeficientes sin corregir se obtengan de tablas.

3.1.2 Coeficientes exteriores para fluidos sin agitación mecánica

Hay gran escasez de datos en la literatura sobre la transferencia de calor a serpentines mediante convección libre. Colburn⁴ ha preparado una tabla de todos los coeficientes disponibles. El serpentín helicoidal no se adapta bien para calentamiento por convección libre, ya que el mismo líquido se eleva del espiral inferior al superior sucesivamente reduciendo la efectividad de los espirales superiores. Los coeficientes para los espirales planos pueden aproximarse de la ecuación

$$h_c = 0.50 (Dt/d_o)^{0.25}$$

Hasta la fecha, sin embargo, no han aparecido en la literatura métodos estándar para el cálculo de coeficientes de película para el exterior de un intercambiador de espiral doble o simple del tipo coraza-serpentín. Cuando se emplean para el enfriamiento de fluidos dentro de recipientes, el efecto de la convección libre es pequeño.

3.1.3 Coeficientes exteriores para fluidos con agitación mecánica

Chilton⁵ también obtuvo una correlación para transferencia de calor a fluido en recipientes con agitación mecánica calentados o enfriados mediante serpentines sumergidos, como se muestra en la figura 3.2.

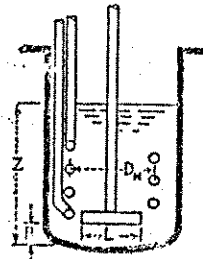


FIGURA 3.2 SERPENTIN EN UN RECIPIENTE CON AGITACION

Como en los recipientes enchaquetados, se recomienda precaución por el hecho de que para aplicaciones por lotes el valor de h , no puede usarse en la ecuación de Fourier. Sin embargo, si el recipiente se opera con alimentación continua y derrame también continuo, el valor de h pueden sustituirse en la ecuación de Fourier. De ser posible, el factor de obstrucción debe ser la resistencia limitante.

3.1.4 Coeficientes exteriores usando tubos verticales

Una de las desventajas del uso de agitadores de paletas y serpentines helicoidales es su baja eficiencia de mezclado. Para una buena mezcla y altos coeficientes de transferencia, el agitador debe impartir líneas de flujo, tanto horizontales como verticales. Cuando se usan agitadores del tipo de paleta o

turbina con aspas verticales y bancos de tubos radiales con tubería dispuesta verticalmente dentro del recipiente; los tubos actúan como deflectores. Mahony⁶ investigó este tipo de arreglo empleando un tanque de 4 pies y un nivel de líquido de 4 pies de alto. Se dispusieron cuatro bancos de cuatro tubos verticales de 1 pulgada. IPS a ángulos rectos uno respecto a otro, y se dispuso de una turbina de 16 pulg. con 6 aspas y otra de 12 pulg. con 4 aspas. Los coeficientes máximos se obtuvieron cuando la turbina se localizó a una altura de 12 pies sobre el fondo. Los coeficientes de transferencia térmica han sido reportados para el agua como función del número de Reynolds.

3.2 SERPENTIN SUMERGIDO

Este es uno de los métodos más simples y económicos de obtener superficie, tanto para enfriamiento como para condensación. Una serie de tubos se conectan mediante conexiones estándar y se introducen en un tanque de concreto o madera con agua que circula respecto a los tubos, como se muestra en la figura 3.3

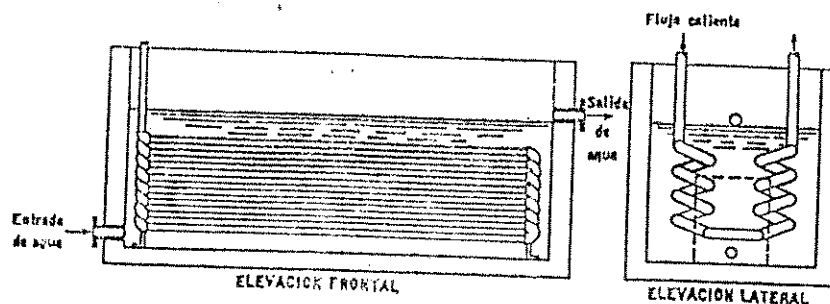


FIGURA 3.3 SERPENTIN SUMERGIDO

Enfriadores de este tipo son de valor considerable cuando el fluido caliente es corrosivo o erosivo, como sucede cuando arrastran partículas abrasivas. Los cálculos para el lado del tanque son, naturalmente, sólo aproximados, ya que el agua fluye en el tanque, no es la resistencia limitante, excepto cuando el serpentín se use para condensar vapor de agua.

3.2.1 Diferencia de temperatura en el enfriador de serpentín sumergido

Puesto que el flujo de agua por fuera del serpentín es casi exclusivamente a lo largo del eje de los tubos, la verdadera diferencia de temperatura depende del arreglo de los tubos. El tanque generalmente se arregla para un solo paso. Si los tubos se conectan mediante un cabezal en cada extremo y con un solo paso, de manera que el fluido dentro del tubo esté en contracorriente con el agua, la verdadera diferencia de temperatura está dada por MLDT. Si los tubos se conectan por codos a 180° en un arreglo de múltiple paso, la trayectoria del flujo puede tratarse como un flujo contracorriente paralelo, y aplicar la corrección para el intercambiador 1-2 siempre que el líquido dentro del tanque se mezcle razonablemente en todos los puntos de la longitud de los tubos. Para arreglos a flujo cruzado, se puede obtener una corrección correspondiente, siempre que cualquiera de estos tipos de flujo se aplique. Los coeficientes, para el lado del tubo, pueden obtenerse por tablas.

3.2.2 Coeficientes de transferencia de calor en tanques o canales

Los coeficientes de transferencia de calor en tanques o canaletas generalmente son difíciles de evaluar. No hay arreglos convencionales y sólo pocos datos hay publicados para este tipo de equipo. En instalaciones donde no se cuenta con deflectores, gran parte del agua de enfriamiento entra en corto circuito entre el serpentín y las paredes del recipiente.

Debido a la baja velocidad del agua con que generalmente se cuenta, los serpentines tienden a taparse a gran velocidad, debido al crecimiento de algas, mohos y otro tipo de incrustaciones. El uso de grandes factores de obstrucción es un requisito no solamente desde el punto de vista de la obstrucción, sino como un medio de proveer un factor adicional de seguridad. Se deben evitar factores de obstrucción menores de 0.01, en cuyo caso, el máximo valor del coeficiente total de diseño será menor de 100.

Hay espacio libre considerable en la sección transversal del tanque o canaleta, de manera que la velocidad lineal del agua sobre el serpentín pueda ser extremadamente pequeña. A velocidades extremadamente pequeñas, el coeficiente del tanque se aproximará al de convección libre de tubo a agua. Para estimar el coeficiente mínimo posible, pueden usarse tablas. Sin embargo, si hay cualquier forma de distribución del agua, no debe dudarse en usar algún múltiple del valor obtenido en dicha tabla.

3.3 SUPERFICIES EXTENDIDAS

Cuando a las superficies ordinarias de transferencia de calor se les añaden piezas adicionales de metal, estas últimas extienden la superficie disponible para transferencia de calor. Mientras que las superficies extendidas aumentan la transmisión total de calor, su influencia como superficie se trata de una manera diferente de la simple conducción y convección.

Considerando un intercambiador convencional de doble tubo, cuya sección transversal se muestra en la figura 3.4.a, se tiene:

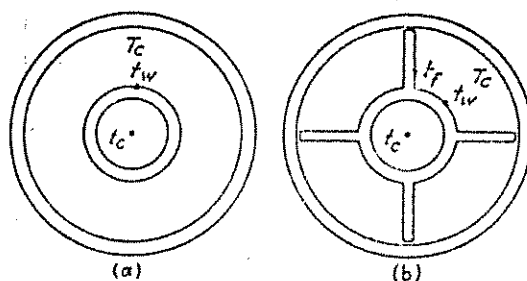


FIGURA 3.4. SUPERFICIES EXTENDIDAS.

(a) TUBO ORDINARIO (b) TUBO ALETEADO

Suponiendo que el fluido caliente fluye en el ángulo y el fluido frío en el tubo interior, ambos en flujo turbulento, y que las temperaturas efectivas sobre la sección transversal son T_c y t_c , respectivamente. El calor transferido puede calcularse a partir de la superficie del tubo interior; el coeficiente del ángulo y la diferencia de temperatura $T_c - t_w$ donde t_w es la

temperatura de la superficie exterior del tubo inferior. Luego suponiendo que al tubo interior se le suelden aletas de metal como se muestra en la figura 3.4(b), por que las aletas de metal se fijan a la superficie del tubo frío, y sirven para transferir calor adicional del fluido caliente al tubo interior. La superficie total disponible para la transferencia de calor no corresponde ya a la circunferencia exterior del tubo interior, sino que están aumentadas por la superficie adicional en los lados de las aletas. Si las aletas de metal no reducen el coeficiente de transferencia de calor convencional en el ánulo por cambio apreciable en las líneas de flujo, se transferirá más calor del fluido en el ánulo al fluido en el tubo interior.

A las tiras de metal o piezas que se emplean para extender las superficies de transferencia de calor se les conoce genéricamente como aletas. Se mostrará, sin embargo, en el caso de tuberías y tubos, que cada pie cuadrado de superficie extendida es menos efectivo que un pie cuadrado de superficie estándar o no extendida. Refiriéndonos de nuevo a la figura 3.4(b), hay una diferencia de temperatura $T_c - t$, entre el fluido del ánulo y la aleta, el calor que fluye por la aleta será conducido por ella hacia el tubo interior. Para que el calor sea conducido al tubo, t , debe ser mayor que la temperatura de la pared del tubo t_w . Entonces $T_c - t$, es menor que $T_c - t_w$. Puesto que la diferencia de temperatura efectiva entre el fluido y la aleta es menor que la del fluido y el tubo, resulta en una menor

transferencia de calor ,por pie cuadrado de superficie para la aleta que para el tubo. Aún más, la diferencia de temperatura entre el fluido y la aleta cambia continuamente desde la extremidad a la base debido a la velocidad a la que el calor entra a la aleta por convección, y a la que es transferido a su base por conducción.

Se encontrará que hay dos principios de transferencia de calor fundamentales que están involucrados en las correlaciones de las aletas: (1) determinar la geometría y conductividad de la aleta la naturaleza de la variación de la temperatura, y (2) determinar el coeficiente de transferencia de calor para la combinación de aleta y superficie estándar o no extendida. En el caso de los intercambiadores de doble tubo, por ejemplo, la aleta suprime las corrientes de remolino espiral respecto al ángulo, lo que a su vez, reduce el coeficiente de convección para el ángulo, debajo de su valor convencional.

3.4 CLASIFICACION DE LAS SUPERFICIES EXTENDIDAS

Las aletas de ciertos tipos industriales se muestran en la figura 3.5, las tuberías y tubos con aletas longitudinales son vendidas por varios fabricantes y consisten en largas tiras de metal con canales sujetos a la parte exterior del tubo. Estas tiras se sujetan, ya sea por inserción al tubo como en la figura 3.5(a), o soldándolas continuamente en su base. Cuando se usan canales, se sueldan íntegramente al tubo como en la fig. 3.5(b).

Este tipo de aletas longitudinales se usa comúnmente en intercambiadores de doble tubo o en intercambiadores de tubo y coraza sin deflectores cuando el flujo procede a lo largo del eje del tubo. Las aletas longitudinales se emplean más comúnmente en problemas que involucran gases y líquidos viscosos, o cuando debido al reducido flujo de uno de los medios de transferencia, se originan flujos laminares.

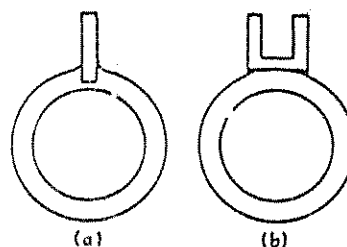


FIGURA 3.5. CLASIFICACION SUPERFICIES EXTENDIDAS

(a) Insertada (b) Soldada

Las aletas transversales se fabrican en una gran variedad de tipos, y se emplean principalmente para el enfriamiento y calentamiento de líquidos. Las aletas helicoidales de la figura 3.6(a) se clasifican como aletas transversales y se sujetan en varias formas tales como insertos, y expanden el metal mismo para formar la aleta o soldando una cinta metálica al tubo en una forma continua. Las aletas de tipo disco son también del tipo transversal, generalmente se sueldan al tubo o se sujetan a él mediante contracción, como se muestra en la figura 3.6 (b) y 3.6 (c). Para colocar una aleta de disco por contracción a un tubo, el disco, con un diámetro interior un poco menor que el diámetro exterior del tubo, se calienta hasta que el diámetro interior excede el diámetro exterior del tubo. Se recorre luego el tubo

hasta su posición, y cuando se enfría, el disco se contrae formando una unión perfecta con el tubo. Una variación de esta técnica en la figura 3.6 (c) emplea una campana, la cual lleva un anillo hueco en el que se coloca un metal caliente. Otros tipos de aletas transversales son conocidos como aletas discontinuas, y en la figura 3.7 se muestran varias formas, tales como las aletas de tipo estrella.

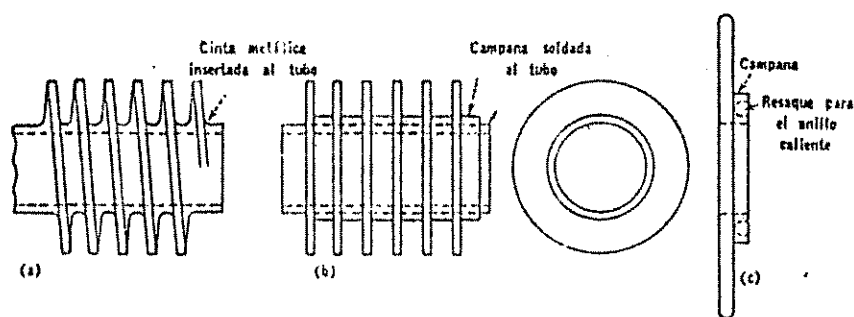


FIGURA 3.6. TIPOS DE ALETAS

- (a) Aletas helicoidales (b) Aletas tipo disco
(c) Aletas tipo disco de contracción

Las aletas de tipo espina y tipo diente o espiga, emplean conos, pirámides o cilindros que se extienden desde la superficie del tubo de manera que se pueden usar para flujo longitudinal o flujo cruzado. Cada tipo de tubo aleteado tiene sus propias características y efectividades para la transferencia de calor entre la aleta y el fluido dentro del tubo. Posiblemente el principal uso futuro estará localizado en el campo de la energía atómica para recuperación controlada de calor de fisión en los intercambiadores para las plantas comerciales de oxígeno, en la propulsión a chorro y en los ciclos de las turbinas de gas.

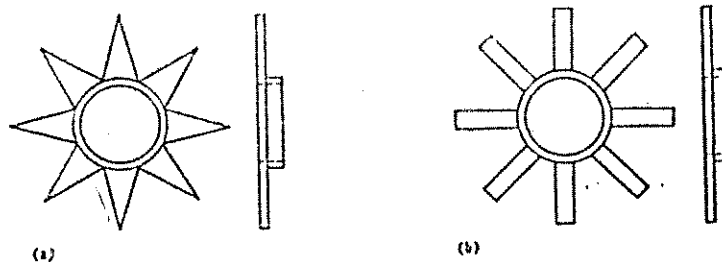


FIGURA 3.7. FORMAS DE ALETAS

(a) Aleta tipo estrella (b) Aleta tipo estrella modificada.

3.5 SISTEMAS DE ALETAS DE CONDUCCION-CONVECCION

Se usan las aletas o superficies extendidas con el fin de incrementar la razón de transferencia de calor de una superficie. En efecto, las aletas convexas a una superficie aumenta el área total disponible para la transferencia de calor. En el análisis y diseño de una superficie con aletas, la cantidad de energía calorífica disipada por una sola aleta de un tipo geométrico dado, se determina auxiliándose del gradiente de temperatura y el área transversal disponible para el flujo de calor en la base de la aleta. Entonces, el número total de aletas necesarias para disipar una cantidad de calor dada, se determinará con base en la acumulación de transferencia de calor.

3.5.1 Aletas rectangulares

La aleta más simple desde el punto de vista de su

manufactura como de su, tratamiento matemático, es la aleta longitudinal o rectangular de espesor uniforme.

3.5.1.1 Calor disipado por una aleta: una vez que se conoce la distribución de temperatura, es posible calcular el calor disipado por convección de las caras de la aleta. Todo este calor debe llegar al anterior de la aleta en su base, que es la parte que anexa a la pared. Esto es análogo al agua que entra en una manguera de riego y sale por los hoyos que se hacen a lo largo de su periferia, en el sentido de que el flujo total de agua entra en el canal de entrada de la manguera, y se disipa a través de los hoyos a lo largo de su longitud. Para calcular la pérdida de calor por una aleta, podemos escribir:

$$Q = -kA(T_o - T_{\infty}),$$

que es el calor que se conduce hacia el interior de la aleta en su base. Para encontrar el calor disipado por la aleta se usa la siguiente ecuación:

$$Q^2 = hkPA (T_o - T_{\infty})^2$$

3.5.1.2 Derivación de la eficiencia de la aleta: para la derivación de sus características para el diseño es necesario imponer las suposiciones y limitaciones siguientes:

- 1.- El flujo de calor y la distribución de temperatura a través de la aleta es independiente del tiempo; por

ejemplo, el flujo de calor es continuo.

- 2.- El material de la aleta es homogéneo e isotrópico.
- 3.- No hay fuentes de calor en la aleta en sí.
- 4.- El flujo de calor y/o de la superficie de la aleta en cualquier punto es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre la superficie en ese punto y la del fluido que la rodea.
- 5.- La conductividad térmica de la aleta es constante.
- 6.- El coeficiente de transferencia térmico es el mismo en toda la superficie de la aleta.
- 7.- La temperatura del fluido que rodea la aleta es uniforme.
- 8.- La temperatura de la base de la aleta es uniforme.
- 9.- El grueso de la aleta es tan pequeño comparado con su altura que los gradientes de temperatura a través de su espesor, y pueden despreciarse.
- 10.- El calor transferido a través de la arista exterior de la aleta es despreciable comparado con el que pasa a la aleta a través de sus lados.
- 11.- La junta entre la aleta y el tubo se supone que no ofrece resistencia.

3.5.2 Aletas circunferenciales

Este tipo de aleta es cuando están en forma de disco anular, encajadas en un tubo, y pueden tener espesor variable.

Es necesario saber algo acerca de las características de la transferencia de calor de las aletas, con el fin de poder hacer una selección apropiada cuando se diseña alguna pieza de equipo de transferencia de calor. Al seleccionar aletas para una aplicación dada, se deben tomar en cuenta tanto el espacio disponible, como el peso y el costo. Además, se deben considerar las propiedades térmicas del fluido que rodeará a las aletas, según figura 3.8.

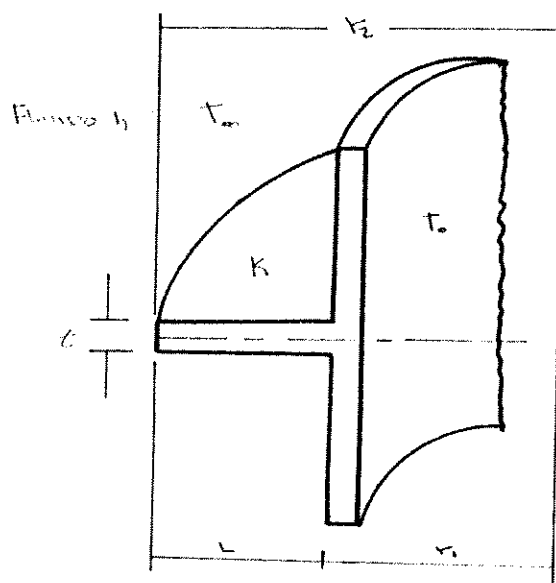


FIGURA 3.8. TUBO Y ALETA.

3.5.2.1 Derivación de la eficiencia de la aleta: las expresiones para sus eficiencias son algo más difíciles de derivar que las de las aletas rectangulares, puesto que aun las aletas circunferenciales de sección uniforme no se reducen a ecuaciones simples como las rectangulares que tienen sección uniforme. De nuevo, se supone que el fluido

que envuelve a la aleta es más caliente que la aleta misma, y que el flujo de calor es del fluido exterior a la aleta. Son válidas las mismas suposiciones descritas anteriormente en las aletas rectangulares.

3.5.2.2 Eficiencia de las aletas: para una aleta circunferencial de sección transversal rectangular, con radio interior r_1 , y radio exterior r_2 , se calculan los siguientes parámetros requeridos:

$$\begin{aligned} (1) \quad L &= r_2 - r_1, \\ L_c &= L + (t/2), \\ r_{2c} &= r_1 + L_c, \\ A_m &= t(r_{2c} - r_1), \end{aligned}$$

se forma la razón (r_{2c}/r_1) para leer en la gráfica 4.4.

(2) Calcule el parámetro:

$$L_c^{3/2} (h/(kA_m))^{1/4}$$

(3) Usando los diagramas, determine N_c (gráfica 4.4)

(4) Calcule el flujo de calor para la aleta usando longitud de aleta corregida y suponiendo que toda su superficie está a la temperatura de la base:

$$Q = 2\pi h(r_{2c}^2 - r_1^2)(T_o - T_{oo})$$

(5) Encuentre el flujo de calor real multiplicando:

$$Q_{max} \text{ por } N_c$$

CAPITULO 4

MATERIALES

4.1 MATERIALES DE CONSTRUCCION

Para la construcción de aletas, debe tomarse en cuenta el material con el que se va a realizar ya que debe tener una buena conductividad térmica y que no produzca óxido. Los materiales, regularmente usados se detallan a continuación.

4.2 COBRE

Las propiedades del cobre más importantes son la alta conductividad eléctrica y térmica, buena resistencia a la corrosión, maquinabilidad, resistencia y facilidad de fabricación. Además el cobre es no magnético, tiene un color atractivo, puede ser soldado, y fácilmente se termina por revestimiento metálico (galvanizado) o barnizado. Algunas de estas propiedades básicas pueden mejorarse mediante una aleación adecuada. La mayor parte del cobre que se utiliza para conductores eléctricos contiene un 99.9% de cobre y se identifica ya sea como cobre electrolítico resistente al depósito de grasa o como cobre libre de oxígeno de alta conductividad. El cobre electrolítico también se utiliza en materiales para techos, albañales, tuberías, radiadores y empaques para automóvil, teteras, recipientes de presión en equipos para destilería y otros procesos. El cobre arsenical que contiene como 0.3% de arsénico tiene resistencia mejorada a condiciones corrosivas

especiales y se utiliza en condensadores e intercambiadores de calor. El cobre de alta maquinabilidad tiene excelentes propiedades de maquinado y se utiliza en pernos, tornillos, puntas para soldar y diversas piezas eléctricas.

4.3 LATON

Fundamentalmente, los latones son aleaciones de cobre y zinc, algunas de las cuales tienen pequeñas cantidades de otros elementos, como plomo, estaño o aluminio. Las variaciones en composición darán como resultado las características de color, resistencia, ductilidad, maquinabilidad, resistencia a la corrosión o una combinación de tales propiedades.

Los latones comerciales se pueden dividir en dos grupos: latones para trabajo en frío y latones para trabajo en caliente.

- **Latones para trabajo en frío:** los latones que contienen hasta 36% de zinc poseen relativamente buena resistencia a la corrosión y buenas propiedades de trabajo. El color de estos latones varía de acuerdo con el contenido de cobre desde rojo en las aleaciones al alto cobre, hasta amarillo en los contenidos de 62% de cobre.
- **Latones para trabajo en caliente:** pueden trabajarse en caliente y tienen las mejores propiedades de cualquier latón, y se utilizan para piezas forjadas en caliente, ferretería y accesorios de plomería.

4.4 ALUMINIO

La característica más conocida del aluminio es su peso ligero, y su densidad es como una tercera parte de la del acero o de las aleaciones al cobre. Ciertas aleaciones de aluminio tienen mejor proporción, resistencia a peso que la de los aceros de alta resistencia. El aluminio tiene buena maleabilidad y formabilidad, alta resistencia a la corrosión y gran conductividad eléctrica y térmica. Una forma de aluminio ultrapuro se utiliza de alta reflectividad a la luz y de no decoloración superficial.

El aluminio no es tóxico, ni magnético y no produce chispa. La característica no magnética hace al aluminio útil para diversos fines de protección eléctrica.

Una de las características más importantes del aluminio es su maquinabilidad y su capacidad de trabajado. El aluminio comercialmente puro es adecuado para aplicaciones en las que se requiere buena formabilidad o muy buena resistencia a la corrosión, y en las que no se necesita alta resistencia. Se ha utilizado ampliamente en utensilios para cocina, en varios componentes arquitectónicos, equipo de manejo y almacenamiento de alimentos y agentes químicos, así como en ensamblajes soldados.

4.5 ACERO INOXIDABLE

Los aceros inoxidable descansan principalmente en la

presencia de cromo para lograr las cualidades de inoxidable. En general, mientras más contenido tenga de cromo, más resistente a la corrosión será el acero. Hay tres clases comunes de aceros inoxidables: martensítico, austenítico, y ferrítico.

Los aceros inoxidables martensíticos contienen cantidades balanceadas de cromo, carbono y níquel, de modo que bajo calentamiento el acero se vuelve austenítico, pero el enfriamiento tiende a revertir a ferrita. El contenido de carbono es suficiente para producir una dureza, la cual es adecuada para cuchillería e instrumentos quirúrgicos.

Los aceros inoxidables ferríticos contienen cromo, no tienen níquel y toleran sólo pequeñas cantidades de carbono.

Los aceros austeníticos inoxidables contienen níquel y su costo es cerca de diez veces más que el acero ordinario, y se utilizan donde son críticas la resistencia a la corrosión, la resistencia a alta temperatura y la resistencia a la oxidación. La maquinaria textil, el equipo químico, el equipo para procesos de alimentos y guarniciones arquitectónicas son ejemplos de las aplicaciones de los aceros inoxidables austeníticos.

A continuación, se presenta una tabla que describe la conductividad térmica de los materiales descritos anteriormente:

TABLA No. 4.1

CONDUCTIVIDADES TERMICAS DE ALGUNOS METALES	
Material	Conductividad (W/m°C) (k)
cobre	381.00
aluminio	204.20
latón	90.00
acero inoxidable	45.00

Según la tabla, el material de mayor conductividad térmica es el cobre, sin embargo, la construcción de las aletas se tiene que trabajar con acero inoxidable, ya que el serpentín está construido de este material; además, el requerimiento del Instituto Centro Americano para la Elaboración de Alimentos y Bebidas es que al estar el material en contacto directo con la bebida, no se puede utilizar otro tipo de material; el acero inoxidable tiene la octava parte de la conductividad térmica del cobre.

CAPITULO 5

CALCULOS

5.1 CALCULOS

Para llevar a cabo el presente proyecto, se realizaron los siguientes cálculos:

5.1.1 Cálculo del calor generado en el tanque

El calor que se genera dentro del tanque está dado por:

$$q = hA(T_2 - T_1)$$

de donde,

h = coeficiente de transferencia de calor

A = área del depósito

T_1 = Temperatura final

T_2 = Temperatura inicial

El área del depósito esta dada por:

$$A = 2\pi rL$$

de donde,

r = radio del depósito = 0.80 m.

L = altura del depósito = 1.70 m.

$$A = 2 (3.1415926) (0.80) (1.70) = 8.55\text{m}^2.$$

$$q = 1,000 (8.55) (20 - 80) = -513,000 \text{ w}$$

de donde q es el calor que se desea reducir en 15 horas y es negativo, ya que se debe extraer, por lo que el calor que se va a extraer en una hora es:

$$q = 513,000 \text{ w} / 15 \text{ h} = 34,000 \text{ w/h}$$

5.2 CALCULO DE CALOR DISIPADO POR EL SERPENTIN

El calor que el serpentín disipa está dado por:

$$Q = \frac{2\pi kL(T_2 - T_1)}{\ln(D_o/D_i)}$$

de donde,

k = conductividad térmica

T_1 = Temperatura del agua dentro del tubo

T_2 = Temperatura de la esencia

D_o = Diámetro exterior del serpentín

D_i = Diámetro interior del serpentín

L = Largo del serpentín,

por lo que:

$$D_o = 3/4 \text{ "} = 0.01905 \text{ m}$$

$$D_i = 1/2 \text{ "} = 0.01270 \text{ m}$$

$$L = 9.14 \text{ m}$$

$$k = 45 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 80^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{2\pi(45)(9.14)(80-20)}{\ln(0.01905/0.0127)}$$

$$Q = 382,416 \text{ w}$$

de donde Q es el calor que el serpentín disipa en 15 horas, por lo que el calor a disipar en una hora es:

$$Q = 382,416 / 15 = 25,494 \text{ w}$$

El gasto másico m de agua que entra al serpentín se calcula por:

$$m = \frac{Q}{C_p (T_2 - T_1)}$$

de donde:

Q = calor disipado por el serpentín

c_p = calor específico

T_2 = temperatura final

T_1 = temperatura inicial

por lo que:

$$m = \frac{382,416}{(4.178,3)(80-20)}$$

$$m = 1.52 \text{ kg/s}$$

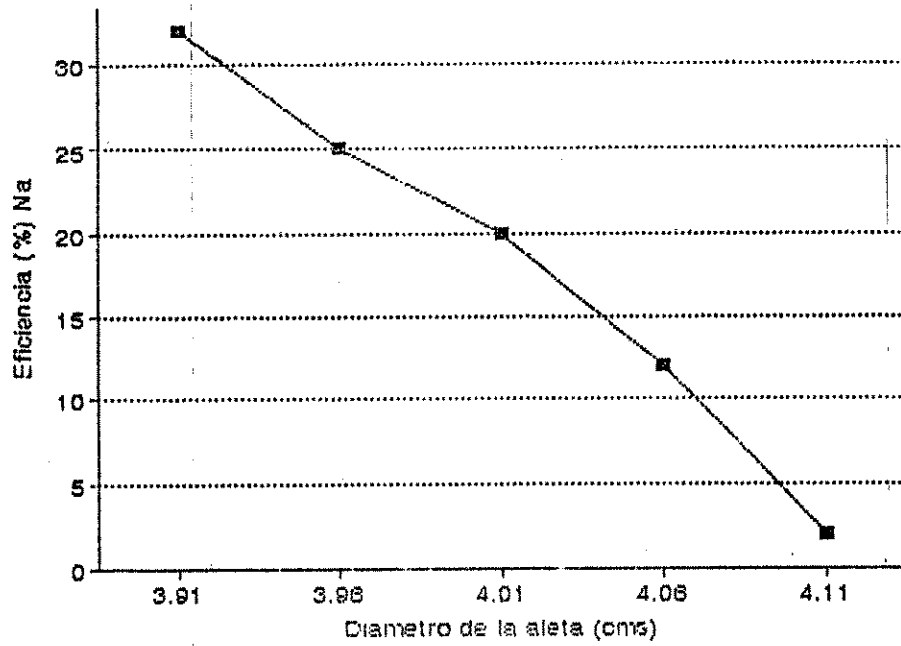
$$m = 1.41 \text{ lt/s}$$

que es el agua que entra del serpentín para el proceso de enfriamiento.

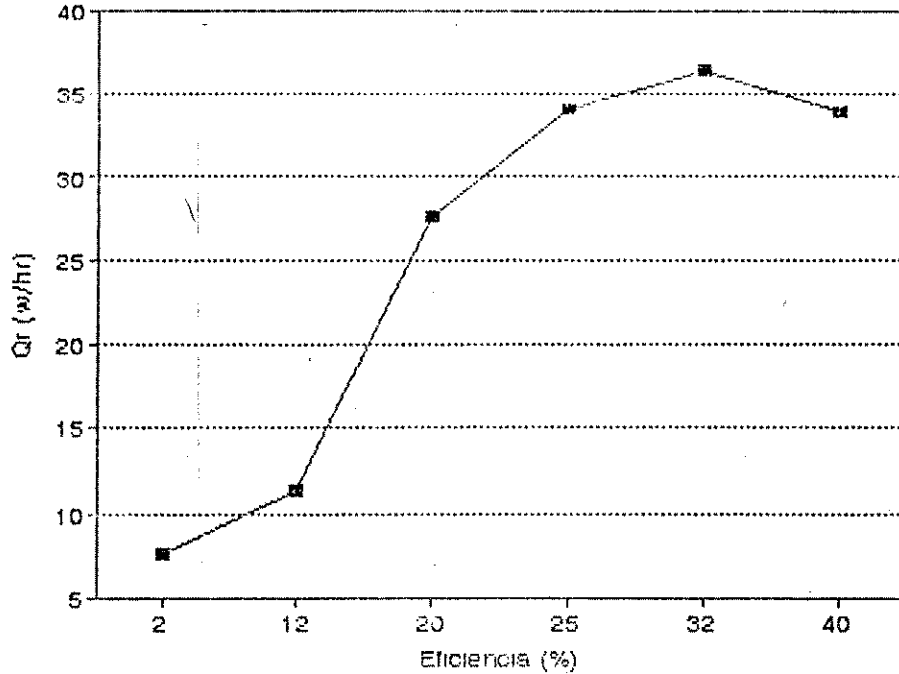
5.3 CALCULO Y DISEÑO DE ALETAS DE ENFRIAMIENTO

Para el diseño de las dimensiones óptimas de las aletas, se hicieron varias pruebas con diferentes diámetros, y se obtuvo la gráfica 4.1, la cual nos muestra que a menor diámetro mayor eficiencia en las aletas, sin embargo, en la gráfica 4.2 la mayor disipación de calor se da en una eficiencia de 32%, por lo que el

calor disipado no es proporcional a la eficiencia.



GRAFICA 4.1. DEL DIAMETRO DE ALETA VRS. EFICIENCIA



GRAFICA 4.2. EFICIENCIA VRS. CALOR DISIPADO

Las dimensiones de la aleta son:

$$R_1 = 9.525 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 0.01 \text{ m}$$

$$R_2 = 0.019525 \text{ m}$$

$$\text{espesor} = 1/32 \text{ " } = 0.00079 \text{ m}$$

K = conductividad térmica del material

h = coeficiente de transferencia de calor para el agua

R_1 = radio del tubo

R_2 = radio total

L = radio de la aleta

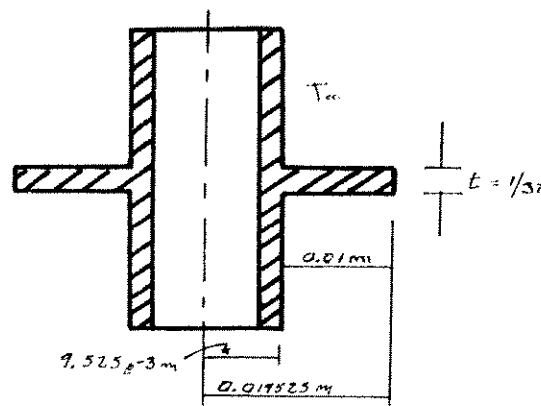


FIGURA 4.3. DIMENSIONES DE LA ALETA.

Las aletas son de acero inoxidable:

$$K = 45 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$h = 100 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Para una aleta circular, se tienen que calcular los parámetros siguientes:

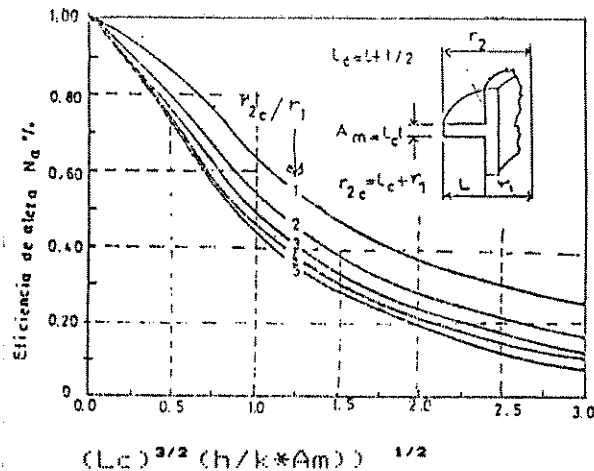
$$L = R_2 - R_1$$

$$L_c = L + (t/2)$$

$$R_{2c} = R_1 + L_c$$

$$A_m = t(R_{2c} - R_1)$$

estos parámetros sirven para buscar en la gráfica de eficiencias.



GRAFICA 4.4. DE EFICIENCIA DE ALETAS

- Cálculo de parámetros requeridos:

$$L = 0.019525 - 9.525 \cdot 10^{-3} = 0.01 \text{ m}$$

$$L_c = 0.01 + (0.00079/2) = 0.010395 \text{ m}$$

$$R_{2c} = 9.5 \cdot 10^{-3} + 0.01395 = 0.01992 \text{ m}$$

$$A_m = 0.00079(0.01992 - 9.525 \cdot 10^{-3}) = 8.21205 \cdot 10^{-6}$$

$$\text{Razón } R_{2c}/R_1 = 0.01992/9.525 \cdot 10^{-3} = 2.10$$

Esta razón se utiliza para buscar una curva característica en la eficiencia, gráfica 4.4

- Cálculo del parámetro:

$$(L_c)^{3/2} (h/(k \cdot A_m))^{1/2} = (0.010395)^{3/2} (1000/45(8.21205 \cdot 10^{-6}))^{1/2} = 1.83$$

Este parámetro se encuentra en la línea horizontal de la gráfica 4.4, y sirve para encontrar la eficiencia.

Al tener la razón y los parámetros, se procede a sacar N_a (eficiencia de la aleta) por medio de gráficas de eficiencias

para superficies extendidas circulares (gráfica 4.4) y se obtiene:

$$Na = 32\%$$

5.4 CALCULO DEL CALOR MAXIMO DISIPADO POR LA ALETA

El calor máximo que disipa una aleta está dado por:

$$Q_{max} = 2\pi h(R_{2c} - R_1)(T_2 - T_1)$$

$$Q_{max} = 2\pi(1000)(0.01992 - 9.525 \times 10^{-3})(80 - 20)$$

$$Q_{max} = 115.40 \text{ W/hr}$$

de donde Q_{max} es el calor disipado por hora.

Con la eficiencia y el calor máximo disipado, se procede a calcular el calor real disipado por una aleta:

$$Q_r = Na \cdot Q_{max}$$

de donde,

$$Na = \text{eficiencia de gasto}$$

$$Q_{max} = \text{calor máximo disipado}$$

$$Q_r = 0.32 (115.40)$$

$$Q_r = 36.93 \text{ W/hr por aleta}$$

donde Q_r es el calor disipado por hora.

5.5 CALCULO PARA EL NUMERO DE ALETAS

El número de aletas a colocar en el serpentín está dado por:

$$\text{No. de aletas} = q' / Q_r$$

de donde

$$q' = q - Q, \text{ y}$$

$$q = \text{calor generado en el tanque}$$

$$Q = \text{calor disipado por el serpentín}$$

$q' = \text{calor a disipar en una hora}$

$$q' = 34,200 - 25,494$$

$$q' = 8,706 \text{ W/hr}$$

Por lo que el número de aletas es:

$$\text{No. aletas} = q' / Q_c$$

$$\text{No. aletas} = 8,706 / 36.93$$

$$\text{No. aletas} = 236$$

Se van a utilizar 236 aletas de acero inoxidable, con las siguientes dimensiones:

$$\text{diámetro} = D = 3.91 \text{ cm}$$

$$\text{espesor} = t = 1/32''$$

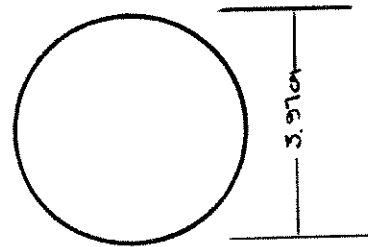
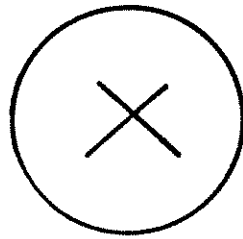


FIGURA 4.5. DIAMETRO DE LA ALETA

5.6 COLOCACION DE LAS ALETAS AL SERPENTIN

A la circunferencia se le hará un corte en forma de equis en el centro quedando cuatro picos, los cuales serán doblados hacia arriba, y que quede libre el centro de la rueda, y se puedan introducir al serpentín; los picos de la circunferencia serán soldados al tubo para que queden fijos.

Las aletas tendrán una separación de 3.87 centímetros, su forma de corte y colocación se detallan en las figuras 4.6 y 4.7.



Vista de planta



Vista Frontal

FIGURA 4.6. FORMA DE CORTE

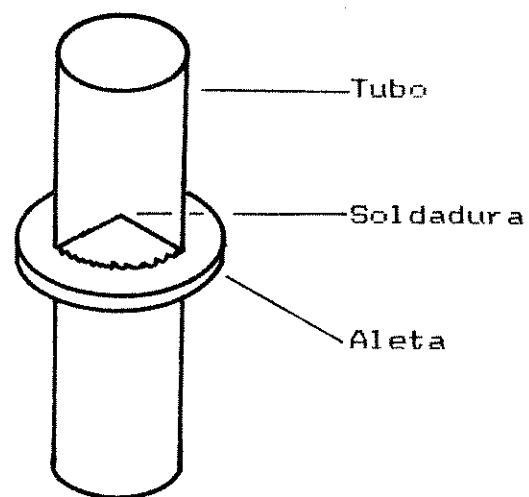


FIGURA 4.7. COLOCACION

5.7 CALCULO DEL COSTO

La realización del proyecto ocasiona los siguientes costos tanto de material como de mano de obra:

Según cotización proporcionada por la empresa Jabosteel de

fecha 3/4/97, cada ficha de acero inoxidable con diámetro 3.91 centímetros y de espesor 1/32" tiene un costo de Q 11.00, que su costo total es de:

$$\begin{aligned}\text{costo} &= \text{No. de fichas} * \text{precio} \\ \text{costo} &= 236 * Q 11.00 \\ \text{Costo} &= Q 2,596.00.\end{aligned}$$

5.7.1 Cálculo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica tendría lugar al momento de soldar las aletas al tubo, y su duración será de 4 días.

$$\begin{aligned}\text{corriente} &= i = 30 \text{ amp} \\ \text{voltaje} &= v = 220 \text{ volt} \\ \text{tiempo} &= t = 4 \text{ días (1,920 min)}\end{aligned}$$

$$\text{consumo} = E(i)t = 220 * 30 * 1920 = 12,672,000 \text{ W min}$$

$$12,672,000 \text{ W min} = 211.20 \text{ kW hr}$$

Se consumen 211.20 kW hr, y si el kW hr tiene un valor de Q 1.70 para uso industrial, el costo de energía eléctrica será de:

$$211.20 \text{ kW hr} * 1.70 = Q 359.04$$

El costo por energía eléctrica es de Q 359.04

5.7.2 Detalle del costo

236 fichas a Q 11.00 c/u	Q 2,596.00
1 libra de electrodos 31216	Q 55.92
Pago de energía eléctrica	Q 359.04
Mano de obra (2 herreros por 6 dias con Q 5.00 en salario)	<u>Q 480.00</u>
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	Q 3,490.96

El proyecto tiene un costo total de tres mil cuatrocientos noventa quetzales con noventa y seis centavos.

Para la construcción e instalación de las aletas en el serpentín, se necesita la siguiente herramienta y equipo, la cual se encuentra en la empresa:

- 1 cincel
- 1 martillo
- 1 máquina soldadora eléctrica con su equipo de soldar

CAPITULO 6

MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL

DEPOSITO Y SUS ACCESORIOS

El Departamento de Mantenimiento juega un papel primordial para alcanzar la máxima productividad de la industria en la cual se desarrolla. Este sirve para asegurar la disponibilidad de máquinas, edificios y servicios que se necesitan como parte de la organización, para poder desarrollar sus funciones, a una tasa óptima de rendimiento sobre la inversión, ya sea que esta inversión se encuentre en maquinaria, en materiales o en recursos humanos.

En general en cualquier tipo de industria, de institución y de transporte y/o taller, la limpieza es un punto muy importante para la aplicación del mantenimiento preventivo, pues permite detectar más fácilmente la avería, el desgaste y el mal estado de cualquier superficie, para facilitar el trabajo del personal de mantenimiento.

6.1 MANTENIMIENTO

Es toda la serie de actividades que deben realizarse con el fin de conservar en óptimas condiciones los elementos físicos de

una empresa (maquinaria, equipos, instalaciones), para operar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente, económico y especialmente para mantener el servicio que prestan y para el cual han sido creados.

6.2 FUNCIONES Y OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

La función de mantenimiento es proveer todos los medios necesarios para la conservación de los elementos físicos de una empresa, para que operen con la máxima eficiencia, seguridad y economía.

En el mantenimiento, existen dos objetivos fundamentales; el primero y el más importante es conservar el servicio que prestan maquinaria, equipos o instalaciones, y el segundo, la conservación y cuidado de los elementos.

Estos objetivos no son independientes uno del otro, por lo que se deben tratar conjuntamente; para cumplirlos, es necesario combinar en la mejor forma, los factores siguientes:

- 1.- Calidad económica del servicio
- 2.- Duración adecuada del equipo
- 3.- Minimización de los costos de mantenimiento

6.3 CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento, de acuerdo con su naturaleza y objetivos, podemos clasificarlo así:

- mantenimiento preventivo,
- mantenimiento curativo,
- mantenimiento correctivo.

6.3.1 Mantenimiento Preventivo.

Es el conocimiento sistemático del estado de la maquinaria y equipo para la programación de las actividades que eliminarán las averías que provocan paros imprevistos, considerando que los paros necesarios para esta acción, tengan la menor influencia posible sobre la producción. Con el mantenimiento preventivo, se busca minimizar la probabilidad de fallas, con el empleo y aplicación constante de un nivel determinado de mantenimiento para prevenirlas.

El desarrollo del mantenimiento preventivo se realiza a través de las siguientes actividades básicas.

6.3.1.1 Visitas.

Sirven para comprobar el estado del equipo, por medio de inspecciones periódicas, que no involucran ninguna acción de desmontaje.

6.3.1.2 Limpieza.

En general en cualquier tipo de industria, la limpieza de maquinaria y equipo es un punto muy importante para la aplicación del mantenimiento preventivo, pues permite

detectar más fácilmente las averías del equipo, y facilitar así el trabajo de mantenimiento.

Ya se sabe que la limpieza es la remoción de las partículas, elementos y/o sustancias no deseadas en una superficie; estas pueden ser de máquinas y edificios. Los residuos pueden ser de cualquier naturaleza, y su presencia es inconveniente.

Cuando en los procesos de limpieza se utilizan productos químicos, se dice que se utiliza un método de limpieza química que forma parte de un sistema. Cuando no se hace uso de este recurso, se dice que se efectúa con un método mecánico.

Las revisiones incluyen las actividades de mantenimiento que se deben realizar en cada máquina del proceso, basándose en el historial del equipo y en las instrucciones precisas y completas de los fabricantes de cada equipo. La lubricación consiste en una reparación chequeo y suministro de agentes antifricción para evitar el desgaste prematuro de las partes dinámicas.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son:

- mayor grado de confiabilidad,
- prolongación de la vida real,
- reducción de existencias en almacén,

- disminución del tiempo muerto,
- uniformidad de la carga de trabajo,
- costos de reparación menores.

Los resultados directos de la aplicación de un sistema de mantenimiento preventivo son: los trabajos están señalados en la fecha debida. Se tiene tiempo para planificar y programar las reparaciones.

- funcionamiento mas eficiente,
- aumento de la productividad,
- reducción de la probabilidad de fallas.

6.3.2 Mantenimiento curativo.

El mantenimiento curativo es conocido también como reparación de averías. Este tipo de mantenimiento se da cuando hay algún paro de producción debido a una avería en el equipo y es necesario reponerla de inmediato. Este tipo de mantenimiento no es recomendable, porque puede provocar grandes pérdidas, lo cual depende de la gravedad de la avería.

6.3.3 Mantenimiento correctivo.

Entendemos por mantenimiento correctivo, a aquel tipo de mantenimiento que está encaminado a reducir y mejorar las condiciones insatisfactorias en máquinas y equipos encontrados durante la inspección del mantenimiento preventivo.

Las funciones básicas se pueden dividir así:

Corregir la avería sistemática de máquinas y equipos, aunque para eso sea necesario para ello realizar cambios en los diseños o construcción de los mismos.

Reacondicionar las máquinas o equipo en tal forma, que su funcionamiento permita obtener el máximo rendimiento.

6.4 MANTENIMIENTO DEL TANQUE

El mantenimiento del tanque y sus componentes debe realizarse con la adecuada planificación e implementación de un plan de mantenimiento preventivo, y para esto es necesario la elaboración de un sistema de recopilación informativa que nos permita registrar los hechos sucedidos en el equipo, y que se pueda estudiar por métodos analíticos para tomar decisiones futuras sobre alternativas de acción.

El mantenimiento del tanque debe hacerse después de cada preparación del licor de café; se inicia con una limpieza interior con agua a presión para ablandar los residuos de café, los cuales deben sacarse con cubetas y luego realizar un lavado con agua abriendo posteriormente la válvula de descarga del tanque.

6.5 MANTENIMIENTO DEL SERPENTIN

Al serpentín se le hará una limpieza exterior junto con sus

aletas para que no quede ninguna incrustación en él; ésta limpieza se hará con agua a presión después de cada preparación, y cada año en la época de mantenimiento se le debe hacer una inspección para verificar que no tenga fugas.

6.6 MANTENIMIENTO DEL MOTOR Y SU AGITADOR

El mantenimiento del motor debe hacerse cada año y de la siguiente manera:

- cambio de cojinetes,
- engrase,
- limpieza del motor,
- revisar el embobinado y si es necesario barnizar,
- revisar el nivel de la varilla agitadora.

6.7 MANTENIMIENTO DE LA BOMBA

A la bomba actualmente se le hace un mantenimiento anual, pero por el tiempo de trabajo se recomienda hacerle el siguiente mantenimiento, según las horas trabajadas.

TABLA No. 6.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PERÍODO	OPERACIÓN
600 horas	Revisar estado de cojinetes Revisar estado de cajas Revisar prensa-estopas Revisar amperaje, voltaje y RPM
2,000 horas	Lubricar cojinetes Sustituir grasa utilizada Lavar cuna de cojinetes Medir RPM, amperaje y voltaje Ajuste general de tuberías
4,000 horas	Todo lo anterior, y además revisar alineamiento bomba - motor y cambiar estopas
10,000 horas	Desarmar bomba, revisar estado de bujes ejes impulsor carcasa cuñas Limpiar accesorios de succión

CONCLUSIONES

- 1) La incorporación de aletas mejoró la eficiencia del serpentín en un 46%; esto dio como resultado, que el proceso de enfriamiento fuera más rápido, debido a que hay más área de transferencia de calor; este proceso de enfriamiento se redujo en un 160%.
- 2) La incorporación de aletas al serpentín también contribuyó con el proceso de calentamiento en un 43%, pues el tiempo de calentamiento se reduce de 3½ a 1½ horas, y hace que el proceso fuera más rápido.
- 3) La incorporación de aletas al serpentín redujo de 48 a 15 horas, el tiempo del proceso de enfriamiento, y dio como resultado que el agua utilizada para enfriamiento disminuyera en 167,508 litros por semana.
- 4) El material de mayor conductividad térmica es el cobre, sin embargo, las aletas se construyeron de acero inoxidable, que es el material que tiene la menor conductividad térmica, que es la 8a. parte de la del cobre, debido al requerimiento del Instituto Centro Americano para la Elaboración de Bebidas y Alimentos, en el cual dice que al estar el material en contacto directo con la bebida, no se puede utilizar otro tipo de material.

- 5) La planificación adecuada del mantenimiento preventivo va a permitir a la Licorera, mayor vida útil del equipo, costos de operación menores, confiabilidad y uniformidad en la carga de trabajo del departamento de mantenimiento.

- 6) La incorporación de aletas al serpentín reduce tiempo en los procesos de calentamiento y enfriamiento, de la esencia de café y jarabe, y da como resultado el aumento en la producción, de 1 a 2 veces por semana, equivalente a un 100%.

- 7) La realización del Ejercicio Profesional Supervisado me dio la oportunidad para obtener experiencia en diseñar las aletas de enfriamiento al serpentín, cálculo de materiales, equipo utilizado, costo y ejecución del proyecto, así como el manejo de personal del Departamento de Mantenimiento y Producción de la Industria Licorera Quetzalteca S.A.

RECOMENDACIONES

- 1) Es conveniente que el Departamento de Producción suba el serpentín al nivel del líquido en el proceso de enfriamiento, para tener un enfriamiento uniforme, y bajarlo al fondo del tanque en el proceso de calentamiento.

- 2) Para el Departamento de Producción, se debe construir un serpentín e instalarlo en otro tanque, para que la elaboración de la esencia de café y el jarabe se puedan producir simultáneamente, y no se tengan que trasladar los líquidos del tanque.

- 3) Para el Departamento de Producción, es necesario utilizar el agitador en el proceso de enfriamiento para disminuir el tiempo de enfriamiento, siempre y cuando no se afecte la viscosidad de la esencia de café.

- 4) Para el Departamento de Mantenimiento, hay que realizar todas las actividades programadas sin omitir ninguna, para evitar el incremento en los costos por reparación del equipo de bombeo.

- 5) Para el Departamento de Mantenimiento, se debe hacer una inspección y revisión de fugas después de haber soldado las aletas, para verificar su adherencia al serpentín, y así garantizar una adecuada transferencia de calor.

BIBLIOGRAFIA

1. AVNER, SYDNEY. Introducción a la Metalurgia Física.
México: Editorial McGraw-Hill. 1,992.
2. CORNWELL, KEITH. Transferencia de calor. México: Editorial
Limusa. 1,981.
3. DOYLE, LAWRENCE. Materiales y procesos de manufactura para
ingenieros. México: Editorial Prentice-
Hall, Hispanoamericana, S.A. 1,988.
4. KARLEKAR B.V. Transferencia de calor. México:
Editorial Interamericana. 1,985.
5. KERN, DONALD O. Procesos de transferencia de calor.
México: C.E.C.S.A. 1,976.
6. MANRIQUE, JOSE A. Transferencia de calor. México:
Editorial Harla. 1,976.
7. MORROW, L.C. Manual de mantenimiento industrial C.A.
México: Editorial S.A. de C.V.
8. OZISIK, NECATIM. Transferencia de calor. México: Editorial
McGraw-Hill 1,979.

REFERENCIAS

- ¹ RICHTER. KERN, DONALD Q. Procesos de transferencia de calor.
(México: C.E.C.S.A., 1,976), p: 819.
- ² JESCHKE. KERN, DONALD Q. Procesos de transferencia de calor.
(México: C.E.C.S.A., 1,976), p: 819.
- ³ McADAMS. KERN, DONALD Q. Procesos de transferencia de calor.
(México: C.E.C.S.A., 1,976), p: 819.
- ⁴ COLBURN. KERN, DONALD Q. Procesos de transferencia de calor.
(México: C.E.C.S.A., 1,976), p: 819.
- ⁵ CHILTON. KERN, DONALD Q. Procesos de transferencia de calor.
(México: C.E.C.S.A., 1,976), p: 820.
- ⁶ MAHONY. KERN, DONALD Q. Procesos de transferencia de calor.
(México: C.E.C.S.A., 1,976), p: 821.