

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TUNEL DE
CONGELACION
PARA PESCADO A ESCALA DE LABORATORIO

MANUEL ENRIQUE BARBOZA VERGARA
JORGE ARTURO ORDOSGOITIA ARRIETA

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE
BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

1995

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TUNEL DE
CONGELACION
PARA PESCADO A ESCALA DE LABORATORIO

MANUEL ENRIQUE BARBOZA VERGARA
JORGE ARTURO ORDOSGOITIA ARRIETA

Trabajo de grado presentado como requisito para
optar el título de INGENIERO MECANICO

Director:
HELBERT CARRILLO
Ingeniero Mecánico

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE
BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

1995

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION	
1 MATERIA Y ENERGIA	3
1.1MATERIA	3
1.2ENERGIA	4
1.2.1 Energía Cinética	5
1.2.2 Energía Potencial	5
1.2.3 Energía Interna	5
1.2.3.1 Energía cinética interna	5
1.2.3.2 Energía potencial interna	6
1.3ESTADOS DE LA MATERIA	6
1.3.1 Fase sólida	6
1.3.2 Fase líquida	7
1.3.3 Fase gaseosa	7
1.4FLUIDO	8
1.4.1 Presión	8
1.4.2 Presión atmosférica	9
1.4.3 Instrumentos para medir la presión	10
	Pág
1.4.3.1 Barómetros	10
1.4.3.2 Manómetros	10

1.4.3.3 Manómetro de Bourdon	11
1.5CALOR	12
1.5.1 Termómetros	12
1.5.2 Escalas de temperaturas	13
1.5.2.1 Temperatura absoluta	14
1.6LEY CERO DE LA TERMODINAMICA	15
1.7METODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR	16
1.7.1 Por conducción	16
1.7.2 Por convección	18
1.7.3 Por radiación	19
1.8CALOR ESPECIFICO	20
1.9CALOR SENSIBLE Y CALOR LATENTE	20
1.9.1 Calor sensible	21
1.9.2 Calor latente	21
1.10TEMPERATURA DE SATURACION	21
1.11PRESION DE VAPOR	22
2 PROPIEDADES PSICROMETRICAS DEL AIRE	23
2.1PROPIEDADES TERMODINAMICAS	23
2.1.1 Propiedades intensivas	23
2.1.2 Propiedades extensivas	23
2.2SISTEMA TERMODINAMICO	24
2.3PROCESOS TERMODINAMICOS	25
	Pág
2.4COMPOSICION DEL AIRE	26
2.5TEMPERATURA DE BULBO SECO Y BULBO HUMEDO	27
2.6TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCIO	28

2.7	MAXIMO CONTENIDO DE VAPOR DE AGUA	29
2.8	HUMEDAD ABSOLUTA	29
2.9	HUMEDAD RELATIVA	29
2.10	HUMEDAD ESPECIFICA O RELACION DE HUMEDAD	30
2.11	ENTALPIA	30
2.12	ENTROPIA	31
2.13	PROPIEDADES PSICROMETRICAS Y CARTA PSICROMETRICA	31
2.14	PROCESO PSICROMETRICO	34
2.14.1	Mezcla de aire	34
2.14.2	Calentamiento sensible	36
2.14.3	Proceso de enfriamiento sensible	38
3	REFRIGERACION	41
3.1	DEFINICION	41
3.2	HISTORIA DE LA REFRIGERACION	41
3.3	AGENTE REFRIGERANTE	44
3.3.1	Propiedades que debe cumplir un agente refrigerante	44
3.3.1.1	Toxicidad	45
3.3.1.2	Inflamabilidad y explosividad	46
3.3.1.3	Presión y temperatura crítica	46
3.4	PROPIEDADES	46
		Pág
3.5	REFRIGERANTES QUE SE EMPLEAN	47
3.6	CLASIFICACION DE LOS REFRIGERANTES	48
3.7	LUBRICACION	49
3.8	VAPORIZACION DEL REFRIGERANTE	51
3.9	SISTEMA DE COMPRESION DE UN VAPOR	55

3.10	DEFINICION DE UN CICLO	60
3.11	PROCESOS DEL CICLO DE REFRIGERACION SATURADO - SIMPLE	60
3.11.1	Proceso de expansión	61
3.11.2	Proceso de vaporización	64
3.11.3	Proceso de compresión	64
3.11.4	Proceso de condensación	66
3.12	CICLOS REALES DE REFRIGERACION	67
3.12.1	Sobrecalentamiento en el vapor de succión	68
3.12.2	Subenfriamiento en el líquido	71
3.13	DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA	75
4	CONGELACION Y CONSERVACION DE ALIMENTOS	79
4.1	CONSERVACION DE ALIMENTOS	79
4.1.1	Deterioro y descomposición	80
4.1.2	Enzimas	82
4.1.3	Microorganismos	84
4.1.3.1	Bacterias	86
4.1.3.2	Levaduras o espumas	87
4.1.3.3	Moho	88
4.2	CONSERVACION MEDIANTE REFRIGERACION	90
		Pág
4.3	ALMACENES PARA REFRIGERACION	92
4.4	TEMPERATURA DEL ALMACEN	93
4.5	HUMEDAD Y MOVIMIENTO DE AIRE	94
4.6	CONDICIONES DEL PRODUCTO A LA ENTRADA DEL ALMACEN	95
4.7	METODOS DE CONGELACION	96
4.7.1	Congelamiento con chorro de aire	97

4.7.2	Congelamiento por contacto indirecto	98
4.7.3	Congelamiento por inmersión	98
4.8	DIFERENCIA ENTRE LA CONGELACION RAPIDA Y LENTA	99
4.9	CONSERVACION DE LAS CARNES POR EL FRIO	101
4.9.1	Carnes refrigeradas	102
4.9.2	Refrigeración	104
4.9.3	Congelación de las carnes	104
4.10	CONSTRUCCION Y AISLAMIENTO DE LOCALES FRIGORIFICOS	106
4.10.1	Espesor óptimo del aislante	107
4.10.2	Barrera antivapor	108
5	CALCULOS	110
5.1	CALCULO DE LA CARGA TERMICA	110
5.2	CONDICIONES DE DISEÑO	116
5.3	SELECCION DEL EQUIPO	124
5.4	CALCULO DE LA BANDA TRANSPORTADORA	127
5.4.1	Diseño del eje 1	131
5.4.2	Cálculo de las correas del sistema (mecanismo)	141
		Pág
5.4.3	Selección de los rodamientos del eje	144
5.5	MANUAL DE LABORATORIO	152
5.6	MANUAL DE MANTENIMIENTO	155
5.7	SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO	160
5.8	TABLA DE DIAGNOSTICO DE SERVICIO	164
	CONCLUSIONES	166
	BIBLIOGRAFIA	169

INTRODUCCION

En los inicios de la refrigeración mecánica, el equipo disponible era voluminoso, caro y no muy eficiente.

En el transcurso de unas pocas décadas, la refrigeración ha tenido un crecimiento asombroso y actualmente se ha extendido con rapidez a la industria. Este crecimiento se debe a la fabricación de equipos pequeños y eficientes, y a la invención de motores eléctricos de potencia fraccional la cual ha hecho posible la fabricación de pequeñas unidades de refrigeración.

Poca gente con excepción de aquellas que están relacionadas directamente con la industria, están enteradas de la parte tan importante que la refrigeración juega en el desarrollo de la sociedad.

Además, para conocer mejor las aplicaciones de la refrigeración tales como la comodidad que produce el acondicionamiento del aire y los métodos de fabricación de

un producto, congelamiento, almacenaje, transportación y exhibición de productos de fácil descompensación la refrigeración es usada en el procesamiento o fabricación de muchos artículos que actualmente se obtienen en establecimientos comerciales. La lista de procesos o productos que es posible hacer o perfeccionar mediante el empleo de la refrigeración es casi infinita.

Por ejemplo, la refrigeración hace posible la construcción de grandes represas las cuales son vitales en proyectos hidroeléctricos, hace posible la construcción de túneles; hace posible la producción de plástico, de hule sintético y de muchos otros nuevos productos útiles.

El presente proyecto tiene como fin suministrar al estudiante un alto grado de conocimiento en uno de los equipos más utilizados para lograr la congelación rápida.

Se espera que el presente proyecto sea de gran ayuda para los estudiantes y los profesores de la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar.

1 MATERIA Y ENERGIA

2.1MATERIA

Materia es cualquier cosa que tenga masa y ocupe un lugar en el espacio, que a su vez está compuesta por moléculas. Las moléculas son las partículas más pequeñas de la materia en las cuales una sustancia particular se puede dividir y conservar la identidad de la sustancia original.

Las moléculas a su vez están constituidas por átomos, por consiguiente se pueden dividir en sus componentes atómicos. Al dividir la molécula en sus componentes atómicos estos componentes no serán de la sustancia original sino de sustancias diferentes.

Existen sustancias cuyas moléculas solo están constituidas por una especie de átomos. Por ejemplo una molécula de oxígeno (O_2), está compuesta por dos átomos de oxígeno. Al separar estos átomos de oxígeno seguirán siendo átomos de oxígeno pero estos no son estables en esa forma y se

unirán a otros átomos con moléculas para formar otros compuestos.

Se ha supuesto que las moléculas que constituyen una sustancia permanecen unidas mediante fuerzas de atracción mutua conocida como cohesión. Esta fuerza de cohesión que poseen las moléculas son similares a las que existen entre las cargas eléctricas diferentes. Sin embargo la atracción mutua que existe entre las moléculas y la influencia resultante que cada molécula tiene con las demás no están muy ligadas unas con otras, y pueden con relatividad moverse entre sí; se supone, además, que las moléculas tienen movimiento vibratorio rápido y constante. La velocidad y la duración de esta vibración dependerá de la cantidad de energía que posea la molécula.

FIGURA 1. Composición de las moléculas.

2.3 ENERGIA

Se define como la capacidad para realizar un trabajo. Se necesita de energía para efectuar un trabajo, se dice que

un cuerpo posee energía cuando tiene capacidad de realizar un trabajo. Esta energía se divide en energía cinética y potencial.

2.4.1 Energía Cinética. Es la energía que posee un cuerpo en virtud de su movimiento o velocidad. La cantidad de energía cinética que posee un cuerpo es función de la masa y la velocidad.

2.4.3 Energía Potencial. Es la energía que posee un cuerpo en virtud a su posición o configuración. La cantidad de trabajo que un cuerpo puede desarrollar al pasar de una posición o condición dada hasta una posición o condición de referencia es una medida de la energía potencial.

2.4.5 Energía Interna. Esta energía interna se divide en energía interna cinética y energía interna potencial.

Las moléculas de cualquier material pueden poseer tanto energía cinética, como energía potencial. La energía interna total de un material es la suma de sus energías cinéticas y potencial.

2.4.6.1 Energía cinética interna. La energía cinética interna es la energía del movimiento o velocidad de las

moléculas. Cuando se transmite energía a una sustancia se incrementa el movimiento con la velocidad de las moléculas, se incrementa la energía cinética interna esto se refleja en el aumento de la temperatura.

2.4.6.3 Energía potencial interna. Es la energía de separación molecular o de configuración, es la energía que tiene las moléculas en virtud de su posición de unas con respecto a otras. A mayor grado de separación molecular le corresponde la mayor energía potencial interna.

2.5 ESTADOS DE LA MATERIA

La materia puede existir en tres diferentes fases de estado o agregación: como un sólido, como un líquido, o como un vapor o gas.

2.6.1 Fase sólida. Un material en la fase sólida tiene una cantidad pequeña de energía potencial interna debido a que las moléculas están muy ligadas entre sí por fuerzas de atracción y por fuerzas de gravedad. Debido a la estructura molecular rígida de la fase sólida, un sólido tiende a conservar su forma y tamaño; un sólido no es comprensible y ofrece mucha resistencia a cualquier efecto para producirle un cambio en su forma.

2.6.3 Fase líquida. Las moléculas de un material en la fase líquida tienen más energía que las de un material en la fase sólida, y no se encuentran tan rígidamente ligadas entre sí. La energía aplicada en la fase líquida permite vencer la fuerza de atracción lo que permite tener libertad de movimiento.

2.6.5 Fase gaseosa. Las moléculas de un material en la fase gaseosa tiene una cantidad de energía bastante mayor que la que tiene la fase líquida. Se tiene suficiente energía para vencer todas las fuerzas de restricción. No se les encuentra muy ligadas por fuerzas de atracción, ni por la fuerza de gravedad. En consecuencia pueden desplazarse a velocidades altas y estar continuamente chocando unas contra otras y contra las paredes del recipiente que las contiene. (Ver Figuras 2, 3 y 4)

FIGURA 2.Fase sólida

FIGURA 3.Fase líquida

FIGURA 4.Fase gaseosa.

2.7FLUIDO

Es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo constante, sin importar que tan pequeño sea este esfuerzo.

2.8.1 Presión. Es la fuerza ejercida por unidad de área y puede describirse como una medida de la intensidad de una fuerza en un punto cualquiera sobre la superficie de contacto. La presión se calcula al dividir la fuerza normal que empuja contra el área.

En un punto de un fluido en reposo la presión es la misma en todas las direcciones. Esto significa que un elemento de área muy pequeño, libre para girar en torno a su centro cuando está sumergido en un fluido en reposo, tendrá una fuerza de magnitud constante que actúa sobre cualquiera de

sus lados a pesar de su orientación. (Ver Figura 5).

FIGURA 5.Presión sobre los cuerpos.

2.8.3 Presión atmosférica. La tierra está cubierta por el aire atmosférico que se extiende hacia arriba de la superficie de ella hasta una distancia de 80 km o más. Debido a que tiene masa y está sujeta a la acción de la gravedad, ejerce una presión que se conoce como presión atmosférica.

La presión atmosférica no permanece constante sino que varía con la temperatura, humedad y algunas otras condiciones. La presión atmosférica varía también con la altura, disminuyendo su valor a medida que se incrementa la altura, y viceversa.

2.8.5 Instrumentos para medir la presión.

2.8.6.1 Barómetros. Son instrumentos que se utilizan para medir la presión de la atmósfera. El barómetro simple que mide la presión en términos de la altura de una columna de mercurio puede ser construido llenando con mercurio un tubo de vidrio de 76 o más centímetros de longitud y cerrándolo en uno de sus dos extremos. La presión que se mide en un barómetro se llama presión absoluta.

2.8.6.3 Manómetros. Los manómetros son dispositivos que emplean columnas de líquidos para determinar la diferencia de presión. El manómetro más elemental, usualmente llamado piezómetro (Figura 6), mide la presión en un líquido cuando ella está arriba del cero manométrico, esos manómetros funcionan de la siguiente manera. Se monta verticalmente el tubo de vidrio de manera que esté conectado al espacio dentro del recipiente. La presión es entonces la distancia vertical (h) entre el menisco y el punto donde se medirá la presión, expresada en unidades de longitud de líquido en el recipiente. El piezómetro no funciona para presiones negativas, por que entraría aire

dentro del recipiente a través del tubo. (Ver Figura 6).

FIGURA 6. Manómetros simples.

2.8.6.5 Manómetro de Bourdon. Es el típico dispositivo usado para la medición de presiones manométricas. El elemento de presión es un tubo metálico, hueco, curvo y plano, cerrado en un extremo; el otro extremo se conecta a la presión a medirse. Cuando aumenta la presión interna el tubo tiende a enderezarse halando una articulación a la cual se ha fijado una aguja indicadora causando su movimiento. La carátula da una lectura igual a cero cuando el interior y exterior del tubo están a la misma presión sin importar su valor particular. La carátula puede graduarse para cualquier tipo de unidades, siendo

las más comunes Pascal, kg/cm^2 , Lb/pulg^2 .

2.9 CALOR

Es una forma de energía. Termodinámicamente se define calor como energía en tránsito de un cuerpo. Una temperatura alta indica alto nivel de presión y se dice que el cuerpo está caliente. De otro modo, una temperatura baja indica bajo nivel de presión térmica y se dice que el cuerpo está frío.

Recientes experimentos han demostrado que la temperatura es función de la energía cinética interna.

2.10.1 Termómetros. La base para establecer una escala de temperatura que sirva como un modelo primario la constituye el hecho de que a temperatura constante, el producto de la presión y el volumen de un gas puro se aproxima a un valor finito constante cuando la presión tiende a cero.

El funcionamiento de casi todos los termómetros depende de la propiedad de un líquido para expandirse o contraerse si su temperatura aumenta o disminuye. El termómetro de mercurio es el más utilizado debido a que su coeficiente de expansión es más constante que el del alcohol aún a temperaturas elevadas. Estos termómetros presentan dos desventajas.

- Son más caros.
- Su lectura es más difícil que los termómetros de alcohol, puesto el alcohol puede colorearse para hacerlo más visible.

2.10.3 Escalas de temperaturas. Existen dos escalas comunes para medir la temperatura, la fahrenheit y la celcius. La celcius se llamó primero centígrados pero ahora se le designa celcius en honor a Anders Celcius.

Hasta 1954, cada una de estas escalas estaba basada en dos puntos fácilmente duplicables.

- Punto de fusión del hielo.
- Punto de ebullición del agua.

La temperatura de fusión del hielo se define como la temperatura de una mezcla de hielo y agua que está en equilibrio con el aire saturado a la presión de una atmósfera.

La temperatura del punto de ebullición es la temperatura de agua y vapor que está en equilibrio a la presión de una atmósfera.

En la escala fahrenheit esos dos puntos se designan por los números 32 y 212 respectivamente, y en la escala celcius los puntos respectivos están numerados con cero y cien.

Fahrenheit averiguó acerca de dos puntos de fácil reproducción y escogió la temperatura del cuerpo humano y le asignó el número 96, y el cero (0) se lo dio a una mezcla de hielo y solución de sal. En esta escala el punto de fusión de hielo era aproximadamente 32°. Cuando esta escala fue revisada y puesta en el punto de fusión del hielo y punto de ebullición del agua, la temperatura del cuerpo humano se encontró que era de 36° centígrados.

En 1954 se dio nueva definición a la escala celcius en término de un punto fijo. Es el punto triple del agua (el estado en el cual las tres fases sólida, líquida y vapor de agua existen en equilibrio entre sí).

2.10.4.1 Temperatura absoluta. Las temperaturas obtenidas de cualquiera de las dos escalas están basadas en puntos ceros seleccionados arbitrariamente. Cuando solo se desea conocer el cambio de temperatura sufrido durante un proceso estas escalas son adecuadas y son las que se utilizarán para el presente proyecto. La escala Celcius y Fahrenheit.

Pero cuando estas lecturas deben aplicarse a ecuaciones que relacionan ciertas leyes fundamentales es necesario utilizar lecturas de temperatura cuyo punto sea el verdadero cero absoluto.

Algunos experimentos demuestran que tales puntos conocidos como ceros absolutos, existen aproximadamente a -460°F o 273°C . A las lecturas obtenidas a partir del cero absoluto se les conoce como temperaturas absolutas y se pueden expresar en grado Celcius o Fahrenheit. Una temperatura en grado Fahrenheit puede convertirse en absoluta sumándole 460° la temperatura resultante es en grado Rankine. De igual manera la temperatura Celcius puede convertirse a temperatura absoluta sumándole 273° y la temperatura absoluta será en Kelvin.

2.11LEY CERO DE LA TERMODINAMICA

Establece que cuando dos cuerpos tienen igualdad de temperatura con un tercero, los tres tienen igual temperatura entre sí. Esta ley es realmente la base de la medición de temperatura, por que se pueden poner números en los termómetros y cada vez que un cuerpo tiene igualdad de temperatura, podremos decir que el cuerpo tiene la temperatura que leemos en el termómetro.

2.13 METODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

El calor pasará de un cuerpo a otro solo cuando exista una diferencia de temperatura entre ellos.

La transferencia de calor siempre ocurre de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja y nunca en dirección opuesta. Debido a que el calor es energía y sino es consumido o utilizado, la energía térmica saldrá de un cuerpo y pasará a otro cualquiera cuya temperatura sea menor que la del cuerpo que está cediendo la energía. La transferencia de energía en calor ocurre de tres formas o maneras.

2.14.1 Por conducción. Es la transferencia de calor de una parte de un cuerpo a otra o a otro cuerpo con buen contacto térmico entre ambos. Para ambos casos, las moléculas calientes comunican su energía a las moléculas inmediatamente adyacentes. (Ver Figura 7).

Al calentar una varilla, en el extremo donde se calienta las moléculas ganan energía rápidamente y se desplazan con

gran rapidez. El incremento de energía de las moléculas calentadas causan choque con las moléculas adyacentes. En el momento del choque, debido al mismo choque las moléculas que se desplazan más rápido transmiten algo de energía a sus vecinas que se desplazan con más lentitud, de tal manera estas empiezan a moverse con mayor rapidez. Así pues, la energía pasa de molécula a molécula desde el extremo más caliente al más frío. No todos los materiales conducen el calor con la misma velocidad, algunos materiales como los metales conducen más rápidamente el calor, mientras que otros, como el vidrio, la lana y el caucho ofrecen una considerable resistencia a la conducción del calor. Un flujo de calor por conducción a través de diferentes materiales de la misma longitud y sección transversal, variará según la capacidad particular de los diferentes materiales para conducir calor. La capacidad relativa de un material para conducir calor es conocida como conductividad térmica. Los materiales que son buenos conductores de calor tienen alta conductividad térmica, mientras que los que son pobres conductores de calor tienen baja conductividad térmica. Estos son utilizados como aislantes.

Los sólidos son mejores conductores de calor que los líquidos y los líquidos son mejores conductores que los gases; esto se debe a la diferencia en la estructura

molecular.

FIGURA 7. Propagación del calor por conducción.

2.14.3 Por convección. La transferencia de calor por convección ocurre cuando el calor se desplaza de un lugar a otro por medio de corrientes establecidas mediante un medio que fluye. Estas corrientes se conocen como corrientes de convección y se producen debido al cambio de

densidad. Se producen a través de la expansión de la porción calentada del fluido; cuando se calienta cualquier porción de fluido, éste se expande y aumenta su volumen por unidad de masa; entonces la porción calentada se vuelve más ligera, desplazándose hacia arriba la que de inmediato es reemplazada por una porción más fría, que es la parte pesada del fluido. (Ver Figura 8). Estas corrientes de aire son muy utilizadas en hornos y estufas y en otros cuerpos calientes.

FIGURA 8. Corrientes de convección.

2.14.5 Por radiación. La transferencia de calor por radiación ocurre en la forma del movimiento ondulatorio similar a las ondas electromagnéticas ligeras de un cuerpo a otro sin la necesidad de la intervención de la materia. La energía transmitida por movimientos de ondas electromagnéticas se llaman energía radiante. Ver Figura 9.

FIGURA 9.Energía radiante.

2.15 CALOR ESPECIFICO

El calor específico de cualquier sustancia en el número de unidades de calor agregadas por unidad de masa para aumentar la temperatura de la sustancia en un grado.

Aún cuando el valor del calor específico para cualquier sustancia varía con el rango de temperatura, casi en todos los líquidos y sólidos el cambio es pequeño por lo que se suele suponer en refrigeración y aires acondicionados que el calor específico es constante para la mayor parte de los cálculos de rutina. Sin embargo el calor específico cambia bastante con el cambio de fase. Por ejemplo: el calor específico del agua es 1 cal/kg°C mientras que el calor específico del hielo es de 0.5 cal/kg°C. El calor específico de cualquier gas tiene valores muy diferentes que dependen de las condiciones de temperatura y presión a las cuales está sujeto el gas.

2.17 CALOR SENSIBLE Y CALOR LATENTE

La energía térmica proveniente de una sustancia puede provocar un cambio en la fase de la sustancia así como también un cambio en la temperatura.

2.18.1 Calor sensible. Es la energía térmica que causa o produce un cambio en la temperatura de una sustancia. En otras palabras es, como su nombre lo indica, el calor que puede percibirse por medio de los sentidos. Cuando la temperatura del agua se eleva de 0°C a 100°C, hay también un aumento de calor sensible.

2.18.3 Calor latente. El calor latente es el que se necesita para cambiar un sólido en líquido o un líquido en gas sin variar la temperatura de la sustancia. La palabra latente significa oculto, o sea que este calor requerido para cambiar el estado de una sustancia, no es percibido por los sentidos.

2.19 TEMPERATURA DE SATURACION

Saturación es la condición de temperatura y presión en la cual el líquido y el vapor pueden existir simultáneamente. Un líquido o vapor está saturado cuando está en su punto de ebullición (para el nivel del mar la temperatura de

saturación del agua es 100°C o 212°F), a presiones más alta la temperatura de saturación aumenta y disminuye a presiones más bajas.

2.21PRESION DE VAPOR

Los líquidos se evaporan debido a que las moléculas escapan de la superficie del líquido. Las moléculas de vapor ejercen una presión en el espacio conocida como presión de vapor.

Si el espacio arriba del líquido es limitado después de un tiempo suficiente el número de moléculas de vapor que golpea la superficie del líquido y se condensan es justamente igual al número que escapa en cualquier intervalo de tiempo, dándose el equilibrio. Ya que el fenómeno depende de la actividad molecular; que es función de la temperatura, la presión del vapor de un fluido dado depende de la temperatura y aumenta con ella.

3 PROPIEDADES PSICROMETRICAS DEL AIRE

4.1 PROPIEDADES TERMODINAMICAS

Las propiedades termodinámicas pueden dividirse en dos clases como son:

4.2.1 Propiedades intensivas. Son aquellas que no dependen de la masa, como la presión, temperatura.

4.2.3 Propiedades extensivas. Las propiedades extensivas varían directamente con la masa, por lo tanto, si una cantidad de materia, en un estado se divide en dos partes iguales, como la original, cada parte tendrá el mismo valor de propiedades extensivas como la original y la mitad de los valores en propiedades extensivas. Son propiedades extensivas la masa, el peso, etc.

4.3 SISTEMA TERMODINAMICO

Un sistema termodinámico se refiere a una masa definida de materia que se distingue del resto de la materia por sus fronteras reales o imaginarias.

Las fronteras de un sistema forman una superficie cerrada que puede variar con el tiempo, de manera que contenga la misma masa durante cambios en su condición. Estas fronteras pueden ser fijas o elásticas. Ejemplo, un gas confinado en un recipiente metálico es un ejemplo de fronteras fijas. Supóngase que es confinado en un balón de hule y que las paredes del balón constituyen las fronteras del sistema si al gas se le suministra calor las paredes elásticas del balón se estirarán produciéndose un cambio en las fronteras. Ver Figura 10 y 11.

FIGURA 10. Fronteras
fijas.

FIGURA 11. Fronteras
elásticas.

Los sistemas pueden ser abiertos o cerrados. En un sistema cerrado, sólo la energía cruza las fronteras del sistema mientras que en un sistema abierto, tanto la energía como la masa son intercambiados entre el sistema y sus alrededores.

4.5 PROCESOS TERMODINAMICOS

Un proceso puede definirse como la trayectoria de la sucesión de estados a través de todos los cuales pasa el sistema. Tales cambios pueden ser la velocidad, elevación, presión, densidad, temperatura, etc.

Cuando es posible que un proceso se lleve a cabo de tal manera que puede ser invertido, es decir, que regrese a su estado original sin ningún cambio final ya sea en el sistema o sus alrededores se dice que es un proceso reversible. Termodinámicamente todos los procesos son irreversibles.

Existe un número de factores tanto interno como externo que causan la irreversibilidad. La irreversibilidad interna se debe a la fricción interna en el fluido, resultado de las fuerzas intermoleculares y las turbulencias del fluido.

La irreversibilidad externa resulta de factores externos al sistema. Una de las causas más frecuentes de la irreversibilidad externa es la fricción mecánica entre superficies de contacto, tales como las paredes de los cilindros, chumaceras, etc. Otra es la transferencia de calor, lo que por su naturaleza puede ocurrir en una sola dirección, del foco de mayor temperatura al de menor temperatura.

Aunque los procesos reversibles ideales no son posible en la realidad, no debe restárseles importancia, ya que los mismos permiten trazar gráficas para analizar y escribir un proceso real.

4.7COMPOSICION DEL AIRE

El aire es una mezcla de gases y de vapor de agua. El aire seco es aire sin vapor de agua. Está compuesto en esencia de nitrógeno (en volumen próximo a 78%) y oxígeno (casi el 21%). El resto, 1% está formado por dióxido de carbono y cantidades pequeñas de otros gases tales como el hidrógeno, helio, neón, argón. La composición del aire es de hecho la misma en todas partes. Por otra parte, la cantidad de vapor de agua varía bastante de lugar a lugar y de acuerdo a las condiciones atmosféricas locales y

normalmente es de 1% al 3% de la masa de la mezcla ya que el contenido de vapor de agua se debe principalmente a la evaporación del agua a través de las superficies expuestas de los depósitos de agua, la humedad atmosférica será mayor en aquellos lugares donde se tenga grandes extensiones de agua y menor en las regiones áridas.

Debido a que todo aire en estado natural contiene una cierta cantidad de vapor de agua, no se pretende decir realmente que exista el aire seco, sin embargo el concepto de aire seco es muy útil simplifica en gran parte los cálculos psicrométricos.

4.9 TEMPERATURA DE BULBO SECO Y BULBO HUMEDO

La temperatura de bulbo seco del aire es la temperatura medida con un termómetro ordinario de bulbo seco. Al hacer la medición de la temperatura de bulbo seco del aire, el bulbo del termómetro se deberá cubrir para reducir los efectos de la radiación directa. La temperatura de bulbo húmedo del aire es la temperatura medida en un termómetro de bulbo húmedo. Un termómetro de bulbo húmedo es un termómetro ordinario cuyo bulbo está envuelto con un pabilo humedecido. Para obtener una lectura exacta, el pabilo deberá estar saturado de agua limpia. Ver Figura 12.

FIGURA 12. Termómetro de bulbo seco y húmedo.

4.11 TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCIO

Es de importancia reconocer que el vapor de agua contenido en el aire es en realidad vapor sujeto a baja presión y que este vapor de presión al igual que un vapor de presión alta, podrá estar en la condición de saturado cuando su temperatura sea la temperatura de saturación correspondiente a la presión parcial ejercida por el vapor de agua, el vapor contenido está sobrecalentado. Por otra parte cuando el aire está a la temperatura de saturación correspondiente a la presión parcial ejercida por el vapor de agua, el vapor de agua del aire estará saturado. La

temperatura a la cual el vapor de agua está saturado se le conoce como temperatura del punto de rocío.

4.13 MAXIMO CONTENIDO DE VAPOR DE AGUA

La máxima cantidad de vapor de agua que puede ser mezclada con un volumen conocido de aire seco solo depende de la temperatura del aire. Debido a que la cantidad de vapor de agua en el aire determina la presión parcial ejercida por el vapor de agua, es evidente que la máxima cantidad de agua contenida en el aire se tendrá cuando el vapor de agua ejerza la presión máxima en el aire.

Debido a que la presión máxima que puede ejercer cualquier vapor es la presión de saturación correspondiente a su temperatura, el aire contendrá la máxima cantidad de vapor de agua.

4.15 HUMEDAD ABSOLUTA

Al vapor de agua contenido en el aire se llama humedad. La humedad absoluta del aire para cualquier condición dada, es la masa de vapor por unidad de volumen de dicha condición.

4.17 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es la relación entre la presión parcial real ejercida por el vapor de agua en cualquier volumen de aire y la presión parcial que ejercería el vapor de agua si el vapor de agua contenido en el aire estuviera saturado a la temperatura del aire.

Debe notarse que la humedad relativa es solamente una propiedad del vapor de agua; no tiene relación con el hecho de que el vapor se encuentra mezclado con el aire. Cuando la humedad relativa es de 100%, el aire no puede contener más agua y por consiguiente el agua no se evaporará de un depósito hacia el aire 100% húmedo. Pero cuando la humedad relativa del aire es menor del 100% el agua se evaporará de la superficie de un depósito, bien sea un lago, una esponja húmeda o las gotas de agua que caen en una torre de enfriamiento.

4.19 HUMEDAD ESPECIFICA O RELACION DE HUMEDAD

Es el peso real de vapor de agua contenido en el aire por unidad de masa del aire seco. Esta humedad específica es solo función de la temperatura del punto de rocío.

4.21 ENTALPIA

Es una propiedad extensiva de la materia que algunas veces ha sido muy pobremente definida como calor total. Más específicamente la entalpía, de una masa dada de un material a una condición termodinámica conocida es la suma de todas las energías suministradas a la misma, para mantenerla en su condición actual con respecto a una condición inicial conocida arbitrariamente como punto de entalpía cero.

4.23 ENTROPIA

La entropía es una propiedad extensiva y calculable de la materia. La entropía de una determinada masa de material en una condición cualquiera dada, es la expresión de la energía total transmitida por grado de temperatura absoluta, para llevar al material a su condición real, desde un punto de referencia cero seleccionado arbitrariamente.

4.25 PROPIEDADES PSICROMETRICAS Y CARTA PSICROMETRICA

La psicrometría es la ciencia que trata de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y sobre el confort humano. Las cartas psicrométricas son gráficas que

representan las propiedades psicrométricas del aire. El uso de tales gráficas permite el análisis de datos psicrométricos y procesos facilitando la solución de muchos problemas prácticos relacionados con el aire. Una desventaja de las cartas psicrométricas es que se aplican a un solo valor de presión barométrica. Generalmente (760 mm de Hg, una atmósfera, 30 pulg de Hg) la corrección para otras lecturas no es fácil.

A continuación se hará referencia a las líneas que componen la carta psicrométrica (Ver Figura 13 Diagrama psicrométrico).

FIGURA 13. Diagrama psicrométrico.

- Las líneas verticales sobre la carta son las líneas de temperaturas de bulbo seco constante.

- Las líneas horizontales son las líneas de temperatura del punto de rocío y humedad específica, moviéndose hacia la izquierda está la temperatura del punto de rocío y hacia la derecha el contenido de humedad específica.

- Las líneas diagonales colocadas muy cercana entre sí son las líneas de temperatura de bulbo húmedo.

- Las líneas inclinadas pero bien separadas son líneas de volumen específico.

- Las líneas curvas que se extienden desde el extremo inferior izquierdo hasta el extremo superior derecho de la carta, son líneas de humedad relativa constante.

- La línea curva que limita a la carta por el lado izquierdo es la línea de saturación.

- Las líneas que se desprenden del lado derecho de la

carta son líneas de desviación de la entalpía.

- La desviación de la entalpía es la diferencia que se tiene entre la entalpía específica real del aire a una condición cualquiera y la entalpía específica del aire saturado a la misma temperatura del bulbo húmedo.

4.27 PROCESO PSICROMETRICO

Los procesos psicrométricos pueden ser ilustrados y analizados sobre una carta psicrométrica.

4.28.1 Mezcla de aire.

Uno de los procesos psicrométricos más frecuentes es la mezcla de aire de dos o más corrientes de aire que tienen condiciones diferentes. Estas dos corrientes se mezclan para formar una tercera corriente. El estado final del aire se encuentra muy fácilmente de manera gráfica en la carta psicrométrica. (Ver Figuras 14 y 15).

FIGURA 14. Mezcla de aire FIGURA 15. Mezcla de aire.

- Localice los puntos 1 y 2 que representan los estados inicial del aire.

- Unáanse estos dos puntos mediante una línea.

- Localice un punto que divida esta línea en segmentos inversamente proporcional a los pesos del aire en las corrientes respectivas. El punto de división representa el estado de la mezcla al final.

- Si el punto final se encuentra sobre la curva de saturación, como se muestra en la Figura 15 se produce condensación y el punto final es 4 que se encuentra trazando una línea desde el punto 3 o punto aparente, paralelo a las líneas de temperatura de bulbo húmedo constante, a su intersección con la curva de saturación pueden efectuarse lecturas a través de todos los puntos involucrados, incluyendo el punto tres cuando se encuentra arriba de la curva de saturación y en este caso, la diferencia entre el peso del condensado del punto tres y del punto cuatro en libra por libras de aire (Lb/Lb aire).

$$M_3 = M_1 + M_2$$

Debido a que la mezcla de las dos corrientes de aire ocurre arbitrariamente sin pérdida ni ganancia de calor y sin ganancia ni pérdida de humedad.

Las siguientes fórmulas se utilizan cuando no se tiene la carta psicrométrica.

$$H_3 = H_1 + H_2$$

M_3 = Masa del punto 3

$$H_3 = 0.24 M_3 T_3 + (M_1 T_1 + M_2 T_2)$$

M_2 = Masa del punto 2

$$T_3 = \frac{(M_1 T_1 + M_2 T_2)}{M_3}$$

W_1 = Humedad específica 1

T_3 = Temperatura de bulbo

$$M_3 * W_3 = M_1 W_1 + M_2 W_2$$

seco del punto 3

$$W_3 = (M_1 * W_1 + M_2 * W_2) / M_3$$

T_2 = Temperatura de bulbo seco

del punto 2

T_1 = Temperatura de bulbo

seco del punto 1

M_1 = Masa del punto 1

W_3 = Humedad específica del

punto 3

W_2 = Humedad específica del

punto 2

H_3 = Entalpía del punto 3

H_1 = Entalpía del punto 1

H_2 = Entalpía del punto 2

4.28.3 Calentamiento sensible.

Este es otro de los procesos psicrométricos del aire y se produce calentamiento sensible siempre que se pase aire sobre una superficie caliente (seca), tal como un serpentín de vapor o de agua caliente, cuya temperatura de bulbo seco del aire que está pasando por la superficie, éste absorbe calor sensible de la superficie caliente de manera que eleva su temperatura de bulbo seco y tiende a ser igual a la temperatura de superficie caliente.

Debido a que no se agrega ni se quita humedad al aire durante el proceso de calentamiento sensible, no cambia la humedad específica, la temperatura del punto de rocío y el contenido de calor latente del aire. Por esta razón, el proceso de calentamiento o enfriamiento sensible en la relación de humedad permanece constante y a menudo se refiere como proceso a temperatura del punto de rocío constante. (Ver Figura 16).

FIGURA 16. Proceso de calentamiento sensible.

- Utilizando los datos de temperatura del estado inicial de temperatura de bulbo húmedo y seco, se localiza el punto 1.
- Debido a que no se agrega ni quita humedad, durante el proceso la trayectoria de éste estará a lo largo de una línea de temperatura de punto de rocío constante, relación de humedad constante (Ver Figura 16).
- El punto 2 se localiza en la línea de intersección de la temperatura de bulbo seco del estado final y la línea de temperatura del punto de rocío a temperatura constante.
- Una vez localizado el punto 2 puede localizarse la temperatura de bulbo húmedo del estado final.
- El siguiente paso es buscar las otras variables que pide el problema.

4.28.5 Proceso de enfriamiento sensible. Se logra tener

enfriamiento sensible del aire haciéndolo pasar a través de una superficie de enfriamiento seca y cuya temperatura del punto de rocío sea menor a la temperatura del bulbo seco del aire, pero mayor que la temperatura del punto de rocío del aire. El proceso de enfriamiento sensible es similar al proceso de calentamiento sensible, en el sentido de que no se agrega ni elimina humedad, y por lo tanto permanece constante en todo el proceso, la humedad específica, la temperatura del punto de rocío y el calor latente contenido en el aire. Además, igual que para el caso de calentamiento sensible, el cambio de calor total del aire es igual al cambio de calor sensible del mismo (Ver Figura 17).

FIGURA 17. Proceso de enfriamiento sensible.

Los pasos siguientes se deben utilizar para la solución de cualquier problema de este tipo.

- Utilizando los datos de temperatura inicial de bulbo seco y húmedo, en el estado inicial se localiza el punto.
- Debido a que no se agrega ni se quita humedad durante el proceso, la trayectoria del proceso estará a lo largo de una línea de temperatura del punto de rocío constante, relación de humedad constante.
- El punto dos se localiza en la línea de intersección de la temperatura de bulbo seco del estado final y la línea de temperatura del punto de rocío a temperatura constante.
- Una vez localizado el punto dos, puede localizarse la temperatura de bulbo húmedo del estado final.
- El siguiente paso es determinar las otras variables del problema.

5 REFRIGERACION

6.1DEFINICION

En general se define la refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor. Más específicamente se define a la refrigeración como la rama de la ciencia que trata con los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto de los alrededores correspondientes.

Para lograr lo anterior, debe sustraerse calor del cuerpo que va a ser refrigerado y ser transferido a otro cuerpo cuya temperatura es inferior a la del cuerpo refrigerado.

6.3HISTORIA DE LA REFRIGERACION

Aún cuando los primeros antepasados del hombre, conocieron y observaron los efectos del frío, hielo y nieve sobre sus cuerpos y sobre las cosas alrededor de ellos, tales como la carne que traían de sus cacerías, no es sino en la

temprana historia de China cuando encontramos algunas referencias al uso de los fenómenos naturales de refrigeración, para mejorar la vida de sus gentes y luego únicamente para el enfriamiento de bebidas.

Los chinos fueron los primeros en recolectar y almacenar el hielo del invierno empacado en paja o hierba seca para utilizarlo en los meses de verano.

El hielo natural y la nieve fueron los medios de refrigeración por muchos siglos.

Los egipcios descubrieron que la evaporación podría causar enfriamiento; así aprendieron a colocar su vino y otros líquidos dentro de recipientes de barro y los expusieron en los techos durante las noches, de tal manera que las brisas frías causaban evaporación y enfriaban el contenido.

Alguno de nuestros antiguos colonos desarrollaron métodos para preservar comidas y bebidas perecibles con hielo y nieve. Construyeron edificios de almacenamiento en los cuales guardaban el hielo recolectado para ser usado en los meses de verano.

Durante los días de la colonia hasta finales del siglo XII

el hielo fue un importante producto de comercio con países que no producían el hielo natural.

En la década 1900 se desarrolló la refrigeración industrial mediante ciclos mecánicos; empacadores de carne, carniceros, cervecerías, y otras industrias empezaron hacer uso completo de la refrigeración mecánica.

Con el crecimiento de la industria eléctrica y el alumbrado de casa, la refrigeración doméstica se popularizó, sustituyendo las cajas de hielo. Este creciente interés en los enfriadores domésticos fue ayudado por el diseño de motores eléctricos de baja potencia para operar los compresores.

No solamente la preservación de comidas en nuestras casas, sino también la preservación comercial de comidas es una de las más importantes y corrientes aplicaciones de la refrigeración. La preservación comercial y el transporte de comidas es tan común, que sería difícil imaginar un mundo no refrigerado.

La refrigeración ha mejorado la economía de muchas áreas, al suministrar un medio de preservar sus productos despachados a consumidores remotos. Ha colaborado con el desarrollo de regiones agrícolas a través de una mayor

demanda de productos lácteos y similarmente con otros productos.

6.5 AGENTE REFRIGERANTE

En general un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Con respecto al ciclo de compresión del vapor, el refrigerante es el fluido de trabajo del ciclo que alternativamente se vaporiza y se condensa absorbiendo calor y cediendo calor, respectiva. Para que un refrigerante sea apropiado y se le pueda usar en un ciclo de refrigeración, debe poseer ciertas propiedades químicas, físicas y termodinámicas que lo hagan seguro y económico en su uso. Propiamente no existe un refrigerante ideal por las grandes diferencias en las condiciones y necesidades de las varias aplicaciones; no hay un solo refrigerante que se adapte universalmente a todas las aplicaciones.

6.6.1 Propiedades que debe cumplir un agente refrigerante. Las propiedades de un refrigerante son de especial importancia en la selección del mismo. Es por esta razón que algunos fluidos que de otro modo son

altamente deseables como refrigerante, tienen un uso limitado como tales. Los más importantes son: el amoníaco y algunos del grupo de los hidrocarburos.

Para tener uso apropiado como refrigerante, un fluido deberá ser químicamente inerte hasta el grado de no ser inflamable, ni explosivo, ni tóxico ni tanto en su estado puro cuando está mezclado con aire en cierta proporción; además, el fluido no deberá reaccionar desfavorablemente con el aceite lubricante o con cualquier otro material normalmente usado en la construcción del equipo de refrigeración. No deberá reaccionar desfavorablemente con la humedad, la cual, no obstante a pesar de las precauciones rigurosas que se tienen, se presentan en cierto grado de reacción. Este problema es de todos los sistemas de refrigeración.

6.6.2.1 Toxicidad. Debido a que todos los fluidos no son otra cosa que aire tóxico, en el sentido de que pueden causar sofocación cuando se tienen en concentraciones suficientemente altas que evitan tener el oxígeno necesario para sustentar la vida. La toxicidad no es un término relativo que tiene significado solo cuando se especifica el grado de concentración y el tiempo de exposición requerido para producir efectos nocivos.

6.6.2.3 Inflamabilidad y explosividad. Cuando un sistema está operando satisfactoriamente, no hay necesidad de preocuparse del refrigerante en su interior. Sin embargo, si ocurre un incendio proveniente de una fuente exterior, en la vecindad de cualquier componente de refrigeración, hay el peligro de que el fuego se pueda extender y la posibilidad de una explosión. Existe esta posibilidad si un refrigerante cuestionable escapa de la línea o por tubos rotos. Si ocurre una fuga, o si debe repararse algún componente, la inflamabilidad y la toxicidad del refrigerante deben tenerse en consideración.

6.6.2.5 Presión y temperatura crítica. Todo refrigerante ya sea elemento único o una mezcla de elementos, tiene entre sus características una presión sobre la cual permanecerá como líquido aún cuando se adicione más calor. Todo elemento o compuesto también tiene una temperatura crítica sobre lo cual no puede permanecer o existir en estado líquido, independiente de la presión ejercida, estos puntos son la presión crítica y la temperatura.

6.7 PROPIEDADES

El punto de ebullición de un refrigerante es importante porque no deberá evaporarse más fácilmente que el producto a enfriar o el espacio a condicionar. El punto de congelamiento es otra propiedad importante, particularmente en aplicaciones de temperaturas extremadamente bajas, porque este punto debe ser lo suficientemente más bajo que cualquier temperatura anticipada del evaporador. El contenido de calor latente del refrigerante debe ser alto, con un contenido de calor latente alto, se hace circular menor cantidad de refrigerante por tonelada de efecto refrigerante. En un sistema de baja capacidad, el uso de un refrigerante con bajo calor latente, requeriría la circulación de más de uno con calor latente mayor.

La densidad y el volumen específico de un refrigerante son dos propiedades que tienen una relación recíproca.

6.9 REFRIGERANTES QUE SE EMPLEAN

En años anteriores, cuando la refrigeración mecánica estaba limitada a unas pocas aplicaciones de gran tamaño, los únicos refrigerantes prácticamente disponibles eran el amoníaco y dióxido de carbono. Después, con un desarrollo de unidades automáticas pequeñas para uso comercial y doméstico, se usaron refrigerantes como el dióxido de

azufre y el cloruro de metilo, con excepción del amoníaco todos estos refrigerantes han dejado de usarse y se le encuentra solo en algunas antiguas instalaciones. Estos refrigerantes han sido reemplazados por los refrigerantes fluorocarbonados que son más adecuados.

6.11 CLASIFICACION DE LOS REFRIGERANTES

Los refrigerantes se clasifican en tres grupos según la National Refrigeration Safety Code bajo el standard Ansi B-9 en el cual aparecen los grupos así:

Grupo I: Bajo riesgo de fuego y toxicidad aparecen los refrigerantes R_{12} - R_{22} - R_{502} , estos se conocen por el color del empaque, blanco, verde y orquídea.

Grupo II: Contiene los refrigerantes tóxicos, algo inflamable, incluye refrigerantes como el amoníaco R-717 y el metil cloro R-40.

Grupo III: Contiene los refrigerantes inflamables como son el butano R-600 y el propano R-290.

Para seguridad del personal y evitar posibles daños al equipo, deben tomarse todas las precauciones.

6.13 LUBRICACION

En sistemas de refrigeración las partes móviles de varios componentes crean fricción. La fricción procura un incremento de la temperatura de dichas partes. El compresor requiere lubricación apropiada para sus partes en movimiento. En el caso del compresor alternativo, el espacio entre el pistón y el cilindro debe llenarse de tal manera que el vapor refrigerante sea forzado al salir del cilindro hacia la línea de gas caliente. Este sello se consigue mediante el aceite refrigerante cuando es forzado a viajar con el vapor refrigerante comprimido. El refrigerante debe ser química y físicamente estable en la presencia del aceite, de esta manera que ni el refrigerante ni el aceite, que se usa se ve adversamente afectado, por esta relación.

Como se mencionó antes, el aceite que se usa en sistemas de refrigeración se mezcla con la mayoría de los refrigerantes en el estado líquido. Para mantener una lubricación apropiada en las partes móviles y mantener un nivel de aceite en la carcasa del compresor, el refrigerante debe completar el circuito con el aceite y luego hacer su retorno al compresor y así completar el ciclo nuevamente. Los dos métodos principales que se utilizan para lubricar apropiadamente los compresores son:

- Sistema de salpique
- Sistema de alimentación forzada

En el sistema de salpique la lubricación se inicia con la remoción del aceite en la carcasa mediante el cigüeñal. El cigüeñal introduce dos paletas o dedos en el aceite y lo lanza sobre los cojinetes a pequeñas ranuras que lo conducen a los cojinetes y sellos. El aceite llega a los pistones y cilindro para mantener el sello. Lo importante es mantener el nivel de aceite en la carcasa, además de mantener el aceite moviéndose a través del sistema.

En el sistema de alimentación forzada se usa una pequeña bomba para forzar el aceite, esto es, bombea aceite junto con el vapor refrigerante a una rata mayor para que retorne a través del sistema a la carcasa. (Ver Figura 18) a menudo el fabricante incluye separador de aceite en la unidad condensadora. Es importante que el aceite se retorne al compresor tan pronto como sea posible, por lo tanto el separador se coloca entre el compresor y el condensador. Dependiendo del separador, éste puede contener malla u otros accesorios que hacen que el aceite gotee al recipiente separador mientras el vapor refrigerante continua su camino a través del separador de aceite.

FIGURA 18.Vista de corte de un separador de aceite.

6.15VAPORIZACION DEL REFRIGERANTE

Un espacio aislado podrá ser refrigerado con corrección simplemente poniendo a vaporizar el refrigerante en el interior de un depósito ventilado hacia el exterior. Al vaporizarse el refrigerante a una temperatura tan baja, con facilidad absorbería calor del espacio, el cual pasará a través de las paredes del depósito que lo contiene.

El calor absorbido por el líquido vaporizado abandona el espacio escapándose a través de la ventila abierta.

Debido a que la temperatura del líquido permanece

constante durante el proceso de vaporización continuará hasta que el líquido sea vaporizado por completo. Ver Figura 19.

FIGURA 19.El refrigerante se vaporiza cuando absorbe calor.

La temperatura a la cual el líquido refrigerante se vaporiza en el evaporador, puede ser controlada, bajando la presión del vapor que se tiene sobre el líquido, lo que a su vez permite regular la velocidad a la cual el vapor

sale del evaporador.

Cuando se necesita que las temperaturas de saturación sean menores que las temperaturas de saturación del refrigerante correspondiendo a la presión en el evaporador a alguna presión que sea menor que la presión atmosférica.

Esto se puede obtener utilizando una bomba de vacío. Ver Figura 20.

FIGURA 20. Evaporador con válvula de expansión.

La vaporización continua del líquido en el evaporador requiere suministro continuo del líquido para reemplazar la cantidad del mismo vaporizado y mantener constante la cantidad de líquido en el evaporador.

Un método para regular esta cantidad de líquido en el evaporador es utilizar una válvula de flotador. La acción del flotador, es mantener constante el nivel del líquido en el evaporador permitiendo la llegada al evaporador, proveniente de un tanque de almacenamiento, suministrando con exactitud una cantidad de líquido igual a la vaporizada. Si la cantidad de líquido vaporizada aumenta, bajará el nivel de líquido en el evaporador, con lo que se accionará la válvula permitiendo el paso de una cantidad mayor de refrigerante al evaporador. Una disminución de la cantidad de líquido vaporizado hará subir el nivel de líquido en el evaporador con lo que el movimiento de la válvula será en la dirección que reduzca el flujo de líquido hacia el evaporador (Ver Figura 21). A cualquier dispositivo para regular el flujo de líquido hacia el evaporador se le llama control del flujo refrigerante.

Por motivos convenientes y económicos, no es práctico permitir que el vapor refrigerante escape al exterior y se pierda por difusión al aire. El vapor continuo debe colectarse y condensarse y regresarlo al estado líquido, de tal manera, que el mismo refrigerante sea de nuevo utilizado, con lo que se elimina la necesidad de suministrar un nuevo refrigerante.

FIGURA 21. Válvula manual de expansión, de pequeña capacidad.

6.17 SISTEMA DE COMPRESION DE UN VAPOR

Las partes principales son (Ver Figura 22).

- Evaporador: Cuya función es proporcionar una superficie para transferencia de calor a través del cual puede pasar calor de el espacio refrigerado hacia el refrigerante vaporizante.

- Tubo de succión: Transporta el vapor de baja presión desde el evaporador hasta la entrada de la succión del compresor.

FIGURA 22. Diagrama compresión-vapor simple.

- Compresor de vapor: Cuya función es eliminar el vapor del evaporador, elevar la temperatura y presión del vapor hasta un punto tal que el vapor queda condensado a través de un medio condensante normalmente disponible.

- Gas caliente o tubo de descarga: El cual entrega vapor de presión a temperatura y presión alta desde la descarga del compresor hasta el condensador.

- Condensador: Cuyo propósito es proporcionar, una superficie de transferencia de calor a través de la cual pasará calor del vapor refrigerante caliente hacia el medio condensante.

- Tanque receptor: El cual proporciona almacenamiento al líquido condensado de tal modo que el suministro constante de líquido esté disponible a las necesidades del evaporador.

- Tubería del líquido: La cual conduce el refrigerante líquido desde el depósito hasta el control de flujo de refrigerante.

- Control de flujo de refrigerante: Cuya función es medir la cantidad apropiada de refrigerante usada en el evaporador y reducir la presión del líquido que llega al

evaporador de tal modo de que la vaporización del líquido en el evaporador se efectúa a la temperatura deseada (Ver Figura 23).

FIGURA 23. Purgando los manómetros del manifold.

Un sistema de refrigeración está dividido en dos partes de acuerdo a la presión ejercida por el refrigerante en las dos partes. La parte de presión baja del sistema consta del control del flujo refrigerante, el evaporador y el tubo de succión. La presión ejercida por el refrigerante

en esas partes es baja a la cual éste es vaporizado en el evaporador. A esta presión se le conoce como presión de baja o presión del evaporador.

El lado de alta presión o lado de alta del sistema, consta del compresor, el tubo de descarga o gas caliente, el condensador, el tanque receptor y el tubo de líquido. La presión ejercida por el refrigerante en esta parte del sistema es la presión alta, bajo la cual el refrigerante es condensado en el condensador. A esta presión se le llama presión de alta o de descarga. El compresor, el tubo de gas caliente, el condensador y el tanque receptor, con el impulsor del compresor son a menudo combinados en una unidad compacta Ver Figura 24.

FIGURA 24. Pequeño compresor de tipo hermético para corriente continua a 12 o 24 voltios.

6.19 DEFINICION DE UN CICLO

A medida de que el refrigerante circula a través del sistema, este pasa por un número de cambios en su estado o condición, cada uno de los cuales es llamado proceso.

El refrigerante empieza en algún estado de condición inicial, pasa a través de una serie de procesos en una secuencia definida y regresa a su condición inicial. Esta serie de procesos se llama ciclo. El ciclo de refrigeración simple vapor - compresor, consta de cuatro procesos fundamentales:

- Expansión
- Vaporización
- Compresión
- Condensación

6.21 PROCESOS DEL CICLO DE REFRIGERACION

SATURADO - SIMPLE

Antes de entrar en materia con los procesos, repasaremos, lo que es ciclo de refrigeración saturado - simple. Este ciclo es un ciclo teórico en el que se supone que el vapor refrigerante que sale del evaporador y entra al compresor está saturado a la temperatura y presión vaporizante y el

líquido refrigerante que sale del condensador y llega al control del refrigerante es un líquido saturado a la temperatura y presión condensante. Aún cuando la realidad de este ciclo se desvía se hablará de los procesos que componen este ciclo los cuales se mencionaron con anterioridad. Aquí se tratarán por separado en cada ciclo.

6.22.1 Proceso de expansión. Antes de hablar sobre este proceso, se definirá, lo que es temperatura y presión vaporizante o de vaporización. Es la temperatura a la cual el líquido refrigerante se vaporiza. Por analogía es la presión a la cual el líquido refrigerante se vaporiza. El proceso de expansión sucede en la válvula de control del refrigerante o válvula de expansión como más comúnmente se conoce, y en esta válvula el líquido es reducido desde la presión condensante hasta la presión evaporante. (Ver los puntos 1 y 2 de la Figura 25).

A medida que el líquido pasa a través de la válvula se expande. Esto sucede cuando el refrigerante atraviesa el orificio de la válvula; entonces se disminuye la temperatura, desde la temperatura condensante hasta la temperatura evaporante y enseguida el líquido pasa a vapor.

FIGURA 25. Diagrama de un ciclo saturado simple.

El proceso de expansión es un estrangulamiento, tipo expansión adiabática, o sea sin transferencia de calor, en la cual la entalpía del fluido no cambia durante el proceso (Ver Figura 26).

Debido a que la entalpía del refrigerante permanece constante durante el proceso 1-2, el punto 2 se localiza en la intersección de la línea de entalpía constante partiendo del punto 1 hasta el punto donde la entalpía

interceptada a la línea de presión constante.

FIGURA 26. Diagrama presión entalpía de un ciclo saturado simple.

Las propiedades de la mezcla de vapor - líquido en el punto 2 son:

P =

T =

h =

Estos datos deben leerse cuando el sistema esté en operación para trazar el diagrama P-H Real.

6.22.3 Proceso de vaporización. Es el proceso 2-3 de la Figura 26. Este proceso se efectúa en el evaporador debido a que la vaporización se efectúa a temperatura y presión constante, el proceso es tanto isotérmico como isobárico. El punto 3 se localiza siguiendo las líneas de presión y temperatura constante desde el punto 2 hasta la línea de vapor saturado.

Las propiedades del vapor en la línea de vapor saturado son:

P =

T =

h =

El efecto refrigerante se realiza en el evaporador y es el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador y este valor está dado por la siguiente fórmula $Q_e = h_c - h_a$.

La anterior fórmula se utiliza para determinar la cantidad de calor que absorbe el refrigerante en el evaporador.

6.22.5 Proceso de compresión. Es el ciclo saturado simple, se supone que el refrigerante no cambia de condición mientras está fluyendo por la tubería de succión desde el evaporador hasta el compresor. El proceso 3-4 se efectúa en el compresor a medida que se incrementa la presión del vapor debido a la compresión desde la presión vaporizada hasta la presión condensante. Se supone que es un proceso isoentrópico. Este proceso también se llama compresión adiabática. Debido a que no hay cambio de entropía del refrigerante, la entropía del punto 3 es la misma del punto 4.

Las propiedades del punto 4 son las siguientes:

P =

T =

h =

Durante este proceso se efectúa trabajo sobre el vapor refrigerante y se incrementa la energía del vapor en una cantidad igual al trabajo efectuado sobre él. $Q_w = h_4 - h_3$.

Como resultado de la absorción de calor en una compresión, el vapor descargado por el compresor está en la condición de sobrecalentado, o sea, su temperatura es mayor que la temperatura de saturación correspondiente a su presión.

Antes que el vapor sea condensado debe eliminarse el sobrecalentamiento del vapor bajando la temperatura del vapor descargado hasta la temperatura de saturación correspondiente a su presión.

6.22.7 Proceso de condensación. Los procesos 4-5 como 5-1 se verifican en el condensador a medida que el gas caliente descargado del compresor es enfriado hasta la temperatura condensante y después de condensado.

El proceso 4-5 toma lugar en la parte superior del condensador y una parte de la longitud de la tubería del gas. Esto representa el enfriamiento del vapor desde la temperatura condensante a medida que el vapor deja su calor al medio condensante.

En el proceso 4-5 la presión permanece constante, el punto 5, se puede localizar en el intercepto de la línea de presión constante con la línea de vapor saturado. En este punto el refrigerante es un vapor saturado a la temperatura y presión condensante.

Las propiedades de este punto son:

P =

T =

h =

El proceso 5-1 es la condensación del vapor en el condensador. Debido a que la condensación se realiza a temperatura y presión constante, el proceso 5-1 se verifica a lo largo de las líneas de temperatura y presión constante, desde el punto 5 hasta el punto 1. El calor cedido al medio condensante durante el proceso 5-1 es la diferencia de entalpías entre estos dos puntos ($h_5 - h_1$). Al regresar al punto 1 el refrigerante ha completado el ciclo y sus propiedades son las mismas que han quedado descritas para el punto 1. El calor cedido por el refrigerante en el condensador es la diferencia entre las entalpías del vapor sobrecalentado en el punto 4 y el líquido saturado en el punto 1.

$$Q_c = h_4 - h_1$$

La refrigeración tiene tantos temas que nos cansaríamos de enumerarlos y estudiarlos aquí; pero como ese no es el objetivo de este proyecto trataremos solo lo referente a este proyecto.

6.23 CICLOS REALES DE REFRIGERACION

Los ciclos reales de refrigeración divergen en algo del ciclo saturado simple; la razón de ello, es que en el ciclo saturado simple se hacen ciertas consideraciones que no pueden cumplirse en los ciclos reales. El ejemplo más común que se tiene es la caída de presión que experimenta el fluido al paso por las tuberías, del evaporador, condensador, de succión y descarga, además, no se considera el subenfriamiento ni el sobrecalentamiento del líquido. También se supone que la compresión es isoentrópica, es decir, que se realiza a entropía constante.

En esta sección sólo se considerará el sobrecalentamiento en el vapor de succión y el sobrecalentamiento en el líquido. También se supone que la compresión es isoentrópica, es decir, que se realiza a entropía constante.

En esta sección sólo se considerará el sobrecalentamiento en el vapor de succión y el sobrecalentamiento en el líquido. Estos dos temas se han considerado como los más importantes y desde ahora en adelante nos ocuparemos de ellos.

6.24.1 Sobrecalentamiento en el vapor de succión. En el

ciclo saturado simple, se supone que el vapor de la succión llega hasta la entrada en el compresor como vapor saturado seco a la temperatura y presión vaporizante y esto en realidad ocurre muy raras veces, porque el líquido refrigerante ha sido por completo vaporizado en el evaporador, el vapor saturado frío, por lo general, continúa absorbiendo calor volviéndose por lo tanto sobrecalentado cuando éste llega al compresor. En la Figura 27. se compara un ciclo saturado simple con otro en el cual el vapor de la succión está sobrecalentado.

FIGURA 27. Comparación del ciclo saturado- sobrecalentado.

Aquí se supone que el vapor llega a la succión con 21°C.

Los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 marcan el ciclo saturado simple,

y los puntos 1', 2', 3', 4' y 5 son del ciclo sobrecalentado (Ver Figura 27).

Despreciando las caídas de presión debido a la tubería de succión y suponiendo que la presión permanece constante en el sobrecalentamiento. El punto 3' puede localizarse en la intersección de la línea presión constante con la línea de temperatura constante en la zona de sobrecalentamiento. El punto 4' se localiza siguiendo la línea de entropía constante hasta donde intercepta la de presión constante.

El proceso 3-3' representa el sobrecalentamiento del vapor en la succión desde una temperatura de -7°C hasta 21°C a la presión vaporizante y la diferencia de entropía entre dichos puntos es la cantidad de calor necesario para lograr el sobrecalentamiento de cada libra de refrigerante.

Comparando los ciclos se tiene:

- El calor de compresión por libra para el ciclo sobrecalentado es ligeramente mayor que para el ciclo saturado.
- Para la misma temperatura y presión condensante, la temperatura del vapor descargado a la salida del compresor

es considerablemente mayor para el ciclo saturado simple, o sea el vapor sale a una temperatura mayor.

- La cantidad de calor por libra eliminado en el condensador es mayor para el ciclo sobrecalentado que para el ciclo saturado. Esto se debe al calor adicional absorbido por el vapor al sobrecalentarse.

Este calor adicional eliminado en el condensador en el ciclo sobrecalentado es en su totalidad sensible. La cantidad de calor latente continúa constante.

Esto quiere decir que para el ciclo sobrecalentado una cantidad grande de calor sensible deberá ser cedido al medio condensante antes de entrar a la condensación y que gran parte del condensador deberá ser utilizado para enfriamiento del vapor hasta su temperatura de saturación. Por esta razón, en cualquier caso en que se permita sobrecalentarse el vapor antes de llegar al compresor, la masa de refrigerante circulado por un compresor de cualquier desplazamiento, siempre será menor que cuando el vapor llega al compresor en condiciones saturadas, considerando que la presión es la misma.

6.24.3 Subenfriamiento en el líquido. Sobre la Figura 28 se puede comparar un ciclo saturado simple con otro en el

cual el líquido es subenfriado, desde 37°C hasta 27°C antes de que llegue a la válvula de expansión. Los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 representan el ciclo saturado simple, mientras que los puntos 1', 2', 3, 4 y 5 describen el ciclo subenfriado.

FIGURA 28. Diagrama PH comparación ciclo saturado - subenfriamiento.

Cuando el líquido es subenfriado antes que este llegue a la válvula de control del refrigerante, se incrementa el efecto refrigerante por unidad de masa, el aumento de efecto refrigerante debido al enfriamiento es la

diferencia de valores entre h_1 y h_2 . Esto representa el calor eliminado por libra durante el enfriamiento.

El vapor refrigerante que llega a la succión del compresor es la misma para ambos ciclos; por esta razón el volumen específico del vapor que llega al compresor es el mismo para ambos ciclos saturado y subenfriado.

El flujo de masa por unidad de masa es menor para el ciclo subenfriado que para el ciclo saturado, se deduce que el volumen de vapor manejado por el compresor será menor para el ciclo subenfriado que para el ciclo saturado.

El subenfriamiento del líquido refrigerante puede efectuarse en varias partes y de diferentes maneras, con mucha frecuencia el líquido refrigerante se subenfria mientras se encuentra almacenado en el tanque de almacenamiento o mientras está circulando a través de la tubería cediendo su calor al aire de los alrededores; en algunos casos se usan subenfriadores especiales para subenfriar el líquido.

La ganancia en la capacidad del sistema y en la eficiencia resultante por el subenfriamiento del líquido es muchas veces más que suficiente para compensar el costo adicional del subenfriador, sobre todo para aplicaciones de

temperaturas bajas.

Cuando se usa un condensador enfriado por agua, el líquido subenfriado puede circular en serie o paralelo con el condensador. Cuando el subenfriador es conectado en serie con el condensador, el agua de enfriamiento pasa primero a través del subenfriador y después por el condensador, con lo que se consigue que el agua más fría esté en contacto con el líquido que está siendo subenfriado.

Cuando el subenfriador está conectado en paralelo con el condensador, la temperatura del agua que llega al condensador no está afectado por el subenfriador. Sin embargo, debe aumentarse la capacidad de la bomba de agua usada en el condensador cuando se instala un subenfriador ya sea en serie o en paralelo; de no hacerlo se verá disminuida la cantidad de agua que circula a través del condensador y como consecuencia se aumentará la temperatura condensante del ciclo, nulificándose cualquier beneficio tenido en el subenfriamiento.

Al utilizar subenfriadores de líquido condensadores enfriado por aire, por lo general el subenfriador es una parte integral del condensador y el líquido subenfriado por la cedencia del calor al aire que pasa sobre el condensador.

Los otros procesos no se consideran en el presente texto por no tener mucha importancia para el desarrollo del proyecto.

6.25DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA

FIGURA 29.Diagrama de flujo del sistema.

FUNCIONES

COMPRESOR. El compresor tiene dos funciones en el ciclo de refrigeración por compresión. En primer lugar succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador a un punto en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. En segundo lugar, el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, de modo que la temperatura de saturación sea superior a la temperatura del medio enfriante disponible para la condensación del vapor refrigerante.

SEPARADOR DE ACEITE. Impide que se queme el compresor por falta de aceite en el Carter, ya que éste retorna el aceite al compresor cuando es arrastrado por el vapor refrigerante. Con el separador de aceite se logra prolongar la vida operativa del compresor y hay un mejor aprovechamiento de la capacidad del condensador.

CONDENSADOR. Intercambiador de calor en el cual el calor extraído por el refrigerante en el evaporador y el también añadido en la etapa de compresión se disipa a un medio condensante.

ACUMULADOR DE LIQUIDO. Permite que el Evaporador no deje de recibir líquido cuando actúa el compresor.

MIRILLA DE LIQUIDO. Facilita el mantenimiento y chequeo de la carga, cuando se observan burbujas la carga de refrigerante es insuficiente.

FILTRO SECADOR. Elimina la humedad y acidez en el sistema y además evita la circulación de partículas extrañas.

INTERCAMBIADOR DE CALOR. Su función es subenfriar el líquido para producir un aumento del efecto refrigerante neto.

VALVULA SOLENOIDE. Evita la alimentación continua al evaporador a través de la válvula de expansión cuando el compresor no está operando y evita que llegue líquido al carter del compresor.

VALVULA DE EXPANSION. Sus funciones son la siguiente: mantener una alta presión en la línea de líquido, depósito, y condensador, con objeto de que el refrigerante conserve su estado líquido.

Regular el paso del refrigerante líquido al evaporador en la proporción necesaria para compensar la cantidad del mismo evaporado previamente.

EVAPORADOR. Intercambiador de calor donde el refrigerante absorbe calor del medio mediante convección forzada.

7 CONGELACION Y CONSERVACION DE ALIMENTOS

8.1 CONSERVACION DE ALIMENTOS

Uno de los usos más comunes de la refrigeración mecánica es la conservación de artículos comerciales putrescibles, particularmente comestibles.

Desde el principio de la existencia sobre la tierra, fue necesario buscar la manera de conservar los alimentos durante las estaciones que se tienen en abundancia a fin de sobrevivir durante las estaciones de escasez. Es natural entonces, que el hombre haya descubierto y desarrollado métodos para conservar los alimentos tales como: secado, ahumado, de salmuera y salado, ya que desde entonces él tenía conocimiento acerca de las causas de descomposición de alimento. Estos métodos sirven como un suplemento a los métodos modernos empleados en la conservación de alimentos.

Con la invención del embazado de alimentos, el hombre

encontró la manera de conservar alimentos de toda clase en cantidades grandes y por períodos indefinidos de tiempo. Los alimentos embazados tienen la ventaja de ser casi imperesederos, de procesarse con facilidad, de manejo y almacenamiento práctico. La única gran desventaja que tienen los alimentos embazados, es la de que deben ser esterilizados mediante calentamiento, con lo cual y con frecuencia se tiene un sobrecocimiento de los mismos.

La única forma de conservar los alimentos en su estado fresco original es mediante la refrigeración. Desde luego, que esta es la ventaja que tiene la refrigeración con respecto a los demás métodos de conservación de alimentos. Sin embargo, también la refrigeración tiene desventajas; por ejemplo, cuando un alimento va a ser conservado mediante refrigeración el proceso de refrigeración debe empezar de inmediato después de la recolección o de la matanza, debiendo ser continuo hasta el consumo final del alimento. Esto representa gasto o equipo voluminoso, resultando a veces inconveniente y antieconómico.

8.2.1 Deterioro y descomposición. Debido a que la conservación de alimentos es siempre cuestión de prevenir o retardar el deterioro y la descomposición, independientemente del método a utilizar, resulta

conveniente conocer las causas que produce el deterioro y la descomposición como un prerequisite al estudio de los métodos de conservación.

En muchos casos el objetivo de la conservación de alimentos no es tan solo la conservación del producto alimenticio en condición comestible, sino que, además, el conservarlo tanto como sea posible en su alta calidad en lo que respecta apariencia, olor, sabor y contenido vitamínico. Cualquier deterioro lo suficiente como para causar un cambio detectable en su apariencia, olor, o sabor de alimentos frescos, reduce inmediatamente su valor comercial, lo cual representa una pérdida económica.

Para los más de los casos, el deterioro y eventual descomposición de los alimentos comestibles, son causados por una serie de cambios químicos muy complicados que toman lugar en los productos alimenticios después de la recolección o de la matanza. Estos cambios químicos son provocados por agentes internos y externos. Los primeros son enzimas naturales los cuales son inherentes en todos los organismos orgánicos mientras que los últimos son microorganismos que crecen en la superficie de los productos alimenticios. Aún cuando cualquiera de los agentes por sí solo es capaz de causar la destrucción total del producto alimenticio, ambos agentes están por lo

general en casi todos los casos involucrados en la descomposición de los alimentos. En cualquier caso, la actividad de estos agentes destructores puede ser eliminada o controlada con eficiencia si el producto alimenticio se conserva adecuadamente.

8.2.3 Enzimas. Las enzimas son complejas, igual que las proteínas, o las sustancias químicas. No se les conoce completamente, es probable que sean mejor descritas como agentes catalíticos químicos capaces de efectuar cambios químicos en materiales orgánicos. Existen diferentes clases de enzimas y cada una se especializa en producir solo una reacción química específica en general, las enzimas se identifican ya sean por las sustancias en que actúan o por el resultado de su acción. Por ejemplo, la enzima lactosa es conocida porque su acción convierte a la lactina (azúcar en la leche), en ácido láctico. Este proceso es llamado fermentación del ácido láctico y es el principal factor que produce el agriamiento de la leche.

En la química de todos los procesos vivos, las enzimas están normalmente en todos los materiales orgánicos (los tejidos celulares de todas las plantas y animales, ambos viviendo y muriendo).

Las enzimas son catabólicas así como también anabólicas, o

sea, que estas actúan para consumir las células muertas así como también para mantener las células vivas de los tejidos. De hecho las enzimas son los agentes principalmente responsables del deterioro y descomposición de todos los materiales orgánicos, como por ejemplo la putrefacción de la carne y el pescado y de la pudrición de frutas y vegetales.

Ya sea que la acción de las enzimas sea catabólica o anabólica, casi siempre producen la putrefacción en los alimentos. Por lo tanto, excepto en aquellos pocos casos especiales en donde la fermentación o putrefacción es una parte del proceso, la acción enzimática debe ser eliminada por completo o fuertemente inhibida si el producto es conservado en buena condición. Por fortuna las enzimas son sensitivas a las condiciones del medio que las rodea, sobre todo son con respecto a la temperatura y al grado de acidez o alcalinidad, lo cual proporciona un medio práctico de controlar la actividad enzimica.

Las enzimas completamente se destruyen con temperaturas altas las que alteran la composición del material orgánico en el cual existen. Debido a que las enzimas son eliminadas a temperaturas mayores a 160°F, la cocción de sustancias alimenticias destruyen por completo el contenido de enzimas en las mismas. Por otra parte, las

enzimas son muy resistentes a temperaturas bajas y su actividad puede continuar lentamente aun a temperaturas menores a 0°F. Sin embargo es bien conocido el hecho de que la velocidad de la reacción química disminuye cuando baja la temperatura. Por lo tanto, aunque las enzimas no sean destruidas, su actividad se reduce en grande a temperaturas bajas y particular a temperaturas inferiores al punto de congelación del agua.

8.2.5 Microorganismos. El término microorganismo se le usa para designar a un grupo completo de plantas y animales minúsculos de tamaño microscópico y submicroscópicos, de los cuales los siguientes tres son de interés particular en el estudio de la conservación de alimentos:

- Bacterias
- Levaduras
- Moho

Estos organismos minúsculos se les encuentra donde quiera y en gran cantidad, en el aire, en la tierra, en el agua, en y sobre los cuerpos de las plantas y animales y en cualquier otro lugar en donde las condiciones sean tales que los organismos puedan sobrevivir.

Por otra parte, los microorganismos tienen muchas funciones útiles y necesarias. De hecho, sino fuera por el trabajo de los microorganismos, no sería posible la vida en ninguna especie, debido a que es necesario el deterioro y descomposición de todos los tejidos muertos para dejar el espacio disponible para nueva vida y crecimiento, la acción destructora de los microorganismos es indispensable para el ciclo de la vida.

Con excepción de unos cuantos tipos de bacterias en la tierra todos los microorganismos necesitan materiales orgánicos como alimentos para hacer su proceso de vida. En muchos casos, estos obtienen dichos materiales de la descomposición de desperdicios de animales y de tejidos de plantas muertas. El proceso de descomposición, los compuestos orgánicos formados a partir de plantas y animales son descompuestos paso a paso y reducidos eventualmente a materiales orgánicos simple los cuales son regresados a la tierra para usarse como alimentos a las plantas verdes.

A pesar de sus funciones tan útiles y necesarias de los microorganismos permanece el hecho de que destruyen y putrifican los alimentos por lo tanto su actividad así como la de las otras enzimas naturales, deben ser efectivamente controladas para evitar el deterioro y la

descomposición de las sustancias alimenticias.

Puesto que cada tipo de microorganismo difieren en algo, tanto en su naturaleza como en su comportamiento, vale la pena examinar cada uno de ellos por separado.

8.2.6.1 Bacterias. Las bacterias son una forma muy simple de plantas, están formadas de una célula viva simple. La reproducción se tiene a partir de la división celular. Las bacterias crecen y se reproducen con enorme rapidez. La rapidez de crecimiento y reproducción de las bacterias y de otros microorganismos dependen de las condiciones ambientales así como también de la temperatura, la luz, el grado de acidez y la alcalinidad, también del aprovechamiento de oxígeno, humedad y suministro adecuado de alimentos solubles. Sin embargo, hay muchas especies de bacterias que difieren grandemente del tipo de ambiente en que actúan.

Muchas bacterias son saprofitas o sea que son de vida libre, y sólo se alimentan de desperdicios de animales y de tejidos muertos de animales y plantas. Sin embargo, algunos son parásitos que llevan vida olgada.

Las bacterias al igual que los objetos con vida necesitan humedad, así como también alimentarse para desarrollar sus

actividades.

En cuanto a las necesidades de oxígeno, las bacterias se dividen en dos grupos:

- Aquellas que requieren oxígeno (aire).
- Aquellas que pueden vivir sin oxígeno.
- Las bacterias son sensibles a la acidez o a la alcalinidad y no pueden sobrevivir en un ambiente ácido o ambiente alcalino.

Para cada una de las especies de las bacterias hay una temperatura óptima a la cual la bacteria crece a su máxima rapidez. También para cada especie de bacteria se tiene una temperatura máxima y mínima a la cual se permite su crecimiento. Con temperaturas superiores al valor máximo se destruye la bacteria. A temperaturas inferiores a la mínima, la bacteria permanece inactiva o dormida, la temperatura óptima para casi todas las saprofitas está generalmente entre 75°F y 85°F, mientras que la temperatura óptima para las parásitas está entre 90 y 100°F.

8.2.6.3 Levaduras o espumas. Las levaduras simples son plantas de células únicas de la familia de los hongos de tamaños microscópicos, las células de la levadura son algo mayores y más complicadas que las células bacteriales.

Al igual que con las bacterias, las levaduras son agentes de fermentación y deterioro. Segregan enzimas que provocan reacciones sobre el alimento el cual se desarrollan. Las levaduras son identificadas por su habilidad para transformar azúcares en alcohol y dióxido de carbono.

Las levaduras son primordialmente esporas, teniéndose hasta ocho esporas en célula simple de levadura. Las espumas están esparcidas en forma natural y en esporas, se les encuentra invariablemente en el aire y sobre el pellejo de las frutas y granos, por los cuales éstas tienen una afinidad particular.

Al igual que con las bacterias, las levaduras requieren de aire, alimento y humedad para su crecimiento, son sensibles a la temperatura y a los grados de acidez o alcalinidad que se tiene en el ambiente. La mayor parte de las levaduras prefieren temperaturas moderadas y acidez ligera.

8.2.6.5 Moho. El moho, igual que las levaduras, son plantas simples de la familia de los hongos. Sin embargo, son de estructura más complicada que la de las bacterias y levaduras.

El moho se reproduce por formación de esporas. Las esporas se desarrollan de tres diferentes maneras, dependiendo del tipo de moho:

- Como un racimo redondo dentro de las fibras de la red del Hipae. (Son fibras vegetativas las cuales crecen bajo la superficie y actúan como raíces para tomar alimento de la planta).

- Como una masa encerrada en un saco y sujeta al extremo de un Hipae aéreo (son los que crecen sobre la superficie). Y producen los cuerpos de frutas.

- En forma de racimo de cadena en el extremo de un hipae aéreo.

En cualquier caso una planta de moho simple es capaz de producir miles de esporas las cuales se rompen libremente de la planta madre y flotan hacia afuera con ligeros movimientos del aire.

Aunque los mohos son menos resistentes que las bacterias a temperaturas altas, son más tolerantes a temperaturas bajas, crecen libremente a temperaturas próximas al punto de congelación del agua. El crecimiento del moho es

inhibido por temperaturas menores a 32°F, se le afecta más por la carencia de humedad libre por baja temperatura. El crecimiento de todos los mohos cesa con temperaturas inferiores a 10°F.

A diferencia de las bacterias, los mohos pueden prosperar sobre alimentos que contienen cantidades relativamente grandes de azúcar o ácido. Con frecuencia se les encuentra desarrollándose en frutas ácidas y sobre las superficies de las tinajas que contienen escabeches y son las causas más comunes que ocasionan los desperdicios en manzanas y frutos cítricos.

8.3 CONSERVACION MEDIANTE REFRIGERACION

La conservación de alimentos putrecibles por refrigeración, se efectúa a temperaturas bajas con el fin de eliminar o retardar la actividad de los agentes destructores. Aunque la acción de las temperaturas bajas no es tan efectiva como la de las temperaturas altas en la eliminación de los agentes destructores, el almacenamiento de los elementos putrescibles a bajas temperaturas reduce en grande la actividad tanto de las enzimas como de los microorganismos proporcionando por lo tanto un medio práctico de conservar a los alimentos en su estado fresco original por períodos variables de tiempo.

Para fines de conservación, los productos alimenticios pueden agruparse en dos categorías generales:

- Aquellos que están vivos, en el tiempo de distribución y almacenamiento.

- Aquellos que no lo están.

Las sustancias alimenticias sin vida, tales como la carne, aves de corral y pescado, son mucho más susceptible a la contaminación y destrucción microbiana, que las sustancias alimenticias vivientes, y por lo general, requieren un método de preservación más riguroso.

Los productos animales (sustancias alimenticias sin vida) son también afectados por la actividad natural de las enzimas. Las enzimas que causan más problemas son aquellas cuya hidrólisis catalizadora y oxidación se asocian con la descomposición de las grasas de los animales.

El principal factor que limita el tiempo de almacenamiento de los productos animales tanto en estado congelado o no congelado, es la rancidez. La rancidez es causada por la oxigenación de la grasa animal y debido a que algunos

tipos de grasa animal son menos estables que otros, el tiempo de almacenamiento de productos animales dependen en parte de la descomposición de la grasa.

La oxidación y la hidrólisis son controladas colocando al producto bajo refrigeración de tal manera que reduzca la actividad de las enzimas naturales.

Como una regla general, a menor temperatura de almacenamiento se tendrá una mayor vida del producto.

8.5ALMACENES PARA REFRIGERACION

Los almacenes de refrigeración pueden ser divididos en tres categorías generales.

- De corto tiempo o almacén temporal.
- De largo tiempo.
- Almacén congelador.

En los almacenes de corto y largo tiempo, el producto es enfriado y almacenado a cierta temperatura arriba de su punto de congelación, mientras que en el almacén congelado el producto es enfriado y almacenado a temperaturas entre 10°F y -10°F, siendo la temperatura de 0°F la más frecuentemente usada.

Los almacenes de corto tiempo temporales, están generalmente asociados con establecimientos de ventas al menudeo, en donde se espera que el producto salga rápido a su venta.

Los almacenes de largo tiempo son por lo general utilizados para mayoristas y como bodegas de almacenamiento. El período de almacenamiento depende del tipo de producto almacenado y de las condiciones del producto al llegar al almacén. Los períodos de tiempo máximo varían de 7 a 10 días para algunos productos delicados, tales como, tomate maduro, variedades de melones y hasta seis y ocho meses para productos durables tales como cebollas y carnes ahumadas.

Cuando se almacenan alimentos putresibles por períodos largos, estos deberán congelarse y almacenarse congelados. Sin embargo, algunos alimentos frescos tales como tomate resulta dañino someterlos en proceso de congelación y por lo mismo deberá evitarse su congelación.

Se usan otros métodos de conservación para estos productos si se desea almacenarlos por un período de largo tiempo.

8.7 TEMPERATURA DEL ALMACEN

La temperatura óptima de almacenamiento para casi todos los productos es ligeramente superior a la temperatura de congelación del producto. Sin embargo se tienen notables excepciones.

Si bien el efecto de una temperatura de almacenamiento incorrecta trae como consecuencia una baja en la calidad del producto y un tiempo más corto de almacenamiento, algunas frutas y vegetales son muy sensibles a las temperaturas de almacenamiento y son susceptibles a las llamadas enfermedades por frío almacenamiento cuando están expuestas a temperaturas por arriba o por debajo de su temperatura crítica de almacenamiento.

La temperatura de congelación del pescado es 28°F y de almacenamiento.

8.9 HUMEDAD Y MOVIMIENTO DE AIRE

El almacenamiento de todos los alimentos expuestos a descomponerse estando en su estado natural (sin empacar) requieren de un control estricto no solo de la temperatura del espacio refrigerado sino también de la humedad del mismo y de los movimientos de aire. Una de las principales causas del deterioro de alimentos frescos no

empacados, tales como carne, pollos, pescado, frutas, vegetales, queso y huevos. Es la pérdida de humedad en la superficie del producto por la evaporación del aire de los alrededores.

Este proceso es conocido como desecación o deshidratación. En las frutas y vegetales, la deshidratación trae como consecuencia un arrugamiento y marchitamiento y los productos tienen pérdidas tanto en peso como en contenido vitamínico. En las carnes, queso, etc. La deshidratación causa decoloración, encogimiento y pérdida notoria de su buena apariencia.

La desecación ocurre siempre que la presión del vapor del producto es mayor que la presión del vapor del aire de los alrededores, la rapidez de la pérdida de humedad del producto es proporcional a la diferencia entre las presiones del vapor y el área de superficie expuesta al producto.

La diferencia de presión del vapor entre el producto y el aire de sus alrededores es principalmente función de la humedad relativa y de la velocidad del aire en el espacio del almacén. En general, con una humedad relativa baja y velocidad alta del aire, se tendrá la mayor referencia de valores de presión y una mayor rapidez en la presión de la

humedad en el producto.

8.11 CONDICIONES DEL PRODUCTO A LA ENTRADA DEL ALMACEN

Uno de los factores principales para determinar el tiempo de almacenamiento de un producto refrigerado es la condición que tiene el producto al entrar al almacén. Debe reconocerse que la refrigeración simplemente retrasa el proceso natural de descomposición y que de ninguna manera restaura la buena condición de un producto que ya está deteriorado. No puede obtenerse un producto de buena calidad si inicialmente es mala la calidad del producto.

8.13 METODOS DE CONGELACION

Los productos alimenticios pueden ser congelados ya sea en forma lenta o en forma rápida. En el congelamiento se coloca el producto en el cuarto de temperatura baja y se deja congelar lentamente, generalmente en aire tranquilo.

La temperatura que se tiene en los congeladores lentos se mantiene en el rango de 0°F a -40°F ya que la circulación de aire es por lo general por convección natural, la transferencia de calor del producto puede ser desde tres horas hasta tres días, dependiendo del volumen del producto y las condiciones del congelador.

Algunos productos típicos son congelados en forma lenta son carne de res y puerco, en canales, pollos en cajas, frutas en cajas, etc.

El congelamiento rápido o por combinación de ellas se obtiene en cualquiera de las tres formas siguientes: inmersión, contacto indirecto y corrientes de aire o chorros de aire.

8.14.1 Congelamiento con chorro de aire. En el congelamiento con corriente de aire se analizan los efectos combinados de temperatura baja y velocidad alta del aire para desarrollar una rápida transferencia de calor del producto.

Aunque el método empleado varía considerablemente con la aplicación el congelamiento con aire se obtiene con circulación a velocidad alta, teniéndose aire de baja temperatura en los alrededores del producto.

Independientemente del método usado, es importante que los arreglos en el congelador sean tales que el aire pueda circular libremente alrededor de todas las partes del producto.

Con frecuencia se utilizan congeladores con corrientes de aire que se instalan en túneles aislados, sobre todo cuando se tiene cantidades grandes de productos a congelar. En algunos casos, el producto es llevado a los túneles de congelamiento y para su congelación se utilizan transportadoras de movimiento lento. El producto no congelado es colocado sobre el transportador en un extremo del túnel y es congelado durante el trayecto que sigue dentro del túnel llegando congelado al otro extremo del mismo. Otro método consiste en cargar el producto en carros los cuales son empujados dentro del túnel y el producto es congelado a medida que los carros se mueven dentro del túnel para pasar después al cuarto de almacenamiento.

8.14.3 Congelamiento por contacto indirecto. El congelamiento indirecto por lo general se proporciona a través de congeladores de puerta en donde el producto es congelado encima de plantas metálicas. A través de las cuales se hace circular el refrigerante debido a que el producto está en contacto térmico directo con la placa refrigerada, la transferencia de calor del producto se efectúa principalmente por conducción, de modo que la eficiencia del congelador dependerá en su mayor parte, de la cantidad de superficie en contacto. Este tipo de congelador es muy útil sobretodo cuando se le usa con

pequeñas cantidades de producto a congelar.

8.14.5 Congelamiento por inmersión. El congelamiento por inmersión se obtiene introduciendo el producto en una solución de salmuera de baja temperatura por lo general, se utiliza cloruro de sodio o azúcar. Debido a que el líquido refrigerado es un buen conductor y hace muy buen contacto con todo el producto, la transferencia de calor es rápida y el producto es congelado totalmente en un período muy corto de tiempo.

Otra ventaja de la congelación por inmersión, es que el producto se congela en unidades individuales en lugar de hacerlo en forma masiva.

La desventaja principal del congelamiento por inmersión es que existe la tendencia de extracción por osmosis de los jugos del producto. Esto produce como resultado una contaminación y debilitamiento del líquido congelante. Además, si la salmuera usada es de cloruro de sodio, podrá algunas veces tenerse una penetración excesiva de sal en el producto.

8.15 DIFERENCIA ENTRE LA CONGELACION RAPIDA Y LENTA

La principal diferencia entre congelamiento rápido y

congelamiento lento está en el tamaño, número y localización de los cristales de hielo formados en el producto a medida que las células fluidas son solidificadas.

Cuando un producto es congelado en forma lenta, se forman cristales grandes de hielo, con los que se puede causar serios daños a los tejidos de algunos productos a través del rompimiento celular. Por otra parte, con congelamiento rápido se producen cristales de hielo más pequeños, los cuales casi siempre se forman dentro de las células con lo que se reduce grandemente el rompimiento celular. Con respecto a la acción de derretir, los productos que se exponen a considerable daño celular, están propensos a pérdidas excesivas de cantidad de fluido a través del goteo o sangrado lo que da como resultado pérdida en su calidad.

En casi todos los productos la formación de cristales de hielo principian a una temperatura de aproximadamente 30°F y aunque algunos fluidos extremadamente concentrados permanecen aún sin congelarse a temperatura de -50°F, casi todos los fluidos se solidifican cuando la temperatura del producto baja hasta 25°F. El rango de temperatura comprendido entre 30°F y 25°F con frecuencia se le refiere como la zona de máxima formación de cristales de hielo y

desde el punto de vista de la calidad del producto, es deseable que la transferencia de calor se efectúe en forma rápida y en límite de esta zona. Esto es particularmente deseable para frutas y vegetales debido a que pueden estar expuestos a daños serios en sus tejidos con congelamiento lento de los mismos.

Debido a que los tejidos de los animales son mucho más resistente y mucho más elásticos que los tejidos de las plantas, la rapidez de congelación no es muy crítica en el congelamiento de carnes, pero si lo es en el caso de frutas y vegetales.

El congelamiento rápido reduce el tiempo de procesamiento y como consecuencia, la cantidad de deterioro bacterial. Esto es aplicable en especial al procesamiento del pescado por su tendencia a la descomposición rápida del mismo.

8.17 CONSERVACION DE LAS CARNES POR EL FRIO

Se da corrientemente el nombre de carnes refrigeradas a todas las carnes conservadas por el frío, pero se distinguen:

- Las carnes refrigeradas, mantenidas a una temperatura próxima a 0°C, que hayan conservado la consistencia de la

carne fresca sin haber experimentado el fenómeno de la congelación;

- Las carnes congeladas, conservadas a una temperatura inferior a su temperatura de congelación.

8.18.1 Carnes refrigeradas.

1. Modificaciones físicas

De una manera general, estas modificaciones afectan a la consistencia de los tejidos y al peso, esté o no refrigerada la carne.

1.1 Modificación de peso

Se comprueba una pérdida de peso que resulta de la evaporación del agua contenida en las capas superficiales.

Se verá más adelante que la refrigeración rápida permite reducir la pérdida de peso durante el período de secado.

La pérdida de peso por evaporación depende:

- De la calidad de la carne;
- De la velocidad del aire;
- De la temperatura del aire;
- Del estado higrométrico del aire;
- De la duración de conservación.

1.2 Modificación de color

Como consecuencia de la desecación, e igualmente de una ligera transformación de hemoglobina, la carne se oscurece más o menos pronunciadamente.

2. Atmósfera en las cámaras frías

La temperatura de una cámara no es la única cosa a considerar. Es preciso tener en cuenta, además: la humedad del aire, el movimiento del aire y la acción posible de otros elementos.

Se ha visto antes que:

- La pérdida de peso, debida a la evaporación de agua, era tanto más fuerte cuánto más seco era el aire de la cámara. Por consiguiente, para evitar o limitar la pérdida de

peso, habría interés en mantener un grado higrométrico (humedad relativa) elevado.

- El desarrollo de los microorganismos es tanto más débil cuanto más baja es la temperatura, así como la higrometría.

8.18.3 Refrigeración.

1. Refrigeración Rápida

El método de refrigeración rápida consiste en introducir las canales todavía calientes, directamente a una cámara fría recorrida por una violenta corriente de aire, que tiene por objeto aumentar la transferencia del frío.

Contrariamente a una idea bastante extendida, no se busca un enfriamiento rápido de toda la masa a fondo, sino sobre todo en la superficie.

El objeto de la refrigeración rápida es frenar la proliferación microbiana, cuyas causas son exteriores, por contactos con los polvos y por las manipulaciones.

Otro de los objetos es limitar la pérdida de peso por evaporación, y esta evaporación es tanto más pequeña cuanto más se aproxima la temperatura del aire a la temperatura de la superficie de la carne.

8.18.5 Congelación de las carnes. La temperatura de 0°C no es suficiente baja para impedir las alteraciones físicas y las modificaciones microbiológicas.

Hay una diferencia fundamental entre la carne refrigerada y la carne congelada. La carne refrigerada no ha sufrido ninguna modificación fisiológica, mientras que la congelación ha provocado una modificación irreversible de los tejidos.

El agua contenida en las células, al congelarse, ha roto su envoltura. Una parte de esta agua que no está congelada pasa a través de la membrana y forma cristales de hielo cada vez más gruesos, que se reúnen entre las células. En la descongelación, el agua de fusión de estos cristales no es enteramente reabsorbido y se desliza fuera de los tejidos. Es la exudación que elimina una parte de los elementos nutritivos de la carne.

Los procedimientos de congelación rápida o ultra-rápida, aplicados hace varios años, tienen por objeto reducir al

mínimo la formación y el tamaño de los cristales de hielo para limitar la exudación.

Se puede decir que actualmente los procedimientos de congelación se resumen en:

- Congelación rápida
- Congelación ultra-rápida

8.19 CONSTRUCCION Y AISLAMIENTO DE LOCALES FRIGORIFICOS

La producción del frío es costosa. Es, pues, importante, reducir la potencia frigorífica y, por consiguiente, la cantidad de calor procedente de las pérdidas por las paredes de una cámara fría. Estas paredes son aisladas con un material que ofrece la conductibilidad más débil que sea posible.

Los materiales utilizados actualmente son:

- El corcho expandido puro, aislante tradicional que ha sido experimentado y cuyas características son bien conocidas;
- El poliestireno expandido, cuya calidad varía con la

densidad;

- El estirofoam, de la misma composición que el poliestireno, pero constituido de células cerradas, obtenido en el momento de la fabricación por espumeo y extracción y que ofrece una buena resistencia mecánica.

- El poliuretano expandido, que puede aplicarse directamente por pistola, particularmente interesante cuando las superficies a aislar presentan formas complicadas. Se utiliza igualmente en la construcción de paneles sandwich.

La elección de los materiales aislantes resulta del examen de los criterios siguientes:

- Poder aislante caracterizado por el coeficiente de conductividad;
- Permeabilidad al vapor de agua;
- Dilatación lineal y estabilidad dimensional;
- Resistencia mecánica;
- Resistencia química;
- Resistencia a los parásitos y a los microorganismos;
- Incombustibilidad;
- Facilidad de montaje;
- Precio de costo.

8.20.1 Espesor óptimo del aislante. El espesor óptimo del aislamiento es aquel para el que la suma de los dos gastos siguientes es mínima:

- Amortización anual del aislamiento
- Costo anual de los gastos frigoríficos

Estos gastos son función del costo del aislamiento, del precio del kilovatio y del costo de la máquina frigorífica. Es difícil establecer una regla general, ya que estos precios varían de una región a otra y de un constructor a otro.

Una noción a menudo ignorada es la de la higrometría de las cámaras frías. Esta será tanto más elevada cuanto más fuerte sea el aislamiento y recíprocamente.

Ciertas precauciones deben tomarse en el momento del montaje del aislamiento:

- Este no debe presentar ninguna solución de continuidad, que ocasionaría, no solamente una pérdida de frío, sino que también sería una fuente de condensación de la humedad del aire exterior, que al depositarse deteriora el aislamiento.

8.20.3 Barrera antivapor. En un grado mayor o menor, todos los materiales aislantes son permeables al vapor de agua.

Las tensiones de vapor de agua en el interior de las cámaras frías son siempre muy débiles e inferiores a las tensiones de vapor del aire ambiente. En consecuencia, el vapor de agua se difunde a través de las paredes de las cámaras cuando éstas no están protegidas. Este fenómeno permanente de difusión, implica una disminución del poder aislante de las paredes como consecuencia de la condensación del vapor de agua en las células del aislamiento (el coeficiente de conductibilidad del agua es veinticinco veces superior al del aire).

Además, la destrucción de las células aislantes se produce cuando el agua se transforma en hielo. Consecuentemente, es absolutamente necesario contra toda penetración de humedad, ejecutando una barrera antivapor sobre la cara caliente del aislamiento.

9 CALCULOS

10.1 CALCULO DE LA CARGA TERMICA

NOMENCLATURA

U =Coeficiente de transferencia de calor total

A =Area de pared

K =Conductividad térmica

C =Conductancia

R =Resistencia térmica

f_i =Conductancia de la capa superficial de aire interior

f_o =Conductancia de la capa superficial de aire exterior

ΔT =Diferencia de temperatura entre la temperatura de
diseño exterior y la temperatura de diseño del
espacio refrigerado

C_p =Calor específico sobre el punto de congelamiento

h_{of} =Calor latente de fusión

m =Masa de producto

C_i =Calor específico bajo el punto de congelamiento

T_1 =Temperatura de entrada del producto

- T_2 =Temperatura de congelamiento o encima
- T_3 =Temperatura final del producto
- T_{BS} =Temperatura de Bulbo seco
- T_{BH} =Temperatura de Bulbo húmedo
- H_R =Humedad relativa
- W_s =Humedad específica
- t_1 = Tiempo de congelación
- C_{Ai} =Calor de aire infiltrado
- C_A =Cambios de aire
- V_c =Volumen del cuarto
- Q_p =Carga a través de pared
- Q_i =Carga por infiltración
- Q_{PR} =Carga por producto
- Q_1 =Carga sensible sobre el punto de congelamiento
- Q_2 =Carga latente de congelamiento
- Q_3 =Carga sensible por debajo del punto de congelamiento
- Q_M =Carga misceláneas
- Q_T =Carga total
- F_s =Factor de seguridad
- E =Espesor de pared

ESTIMACION TIEMPO DE CONGELACION

Depende de factores numerosos y muy variables entre otros el calor específico y, calor latente, su forma, su textura, sus dimensiones, y la temperatura a la cual es sometido el producto.

No existe una forma que de con exactitud el tiempo necesario para la congelación, sin embargo, lo que concierne al pescado ciertos especialistas admiten como satisfactoria la relación siguiente, para congelación en aire inerte (convección natural).

Duración de la congelación en días = $\frac{2 \text{ veces espesor de la pieza a congelar}}{\text{Temperatura del congelador}}$

Si la congelación tiene lugar en un túnel con corriente de aire activo (convección forzada) a velocidad de (3 a 5 m/s) se divide el anterior tiempo por el cuadrado de la velocidad.

Duración de la congelación en días = $\frac{\text{Espesor de la pieza a congelar}}{\text{Temperatura del congelador} * \text{velocidad aire}^2}$

Se entiende por espesor de la pieza a congelar el espesor máximo en (cms).

Para este proyecto el espesor del pescado debe ser menor o igual a (3 cms) 1.18 pul.

El objetivo de congelar un producto en forma rápida es para evitar la proliferación microbacteriana en la superficie del producto y además evitar la deshidratación de dicho producto y por lo tanto obtener mayor utilidad.

Con este proceso se obtiene una congelación superficial del producto para luego pasar a los cuartos de almacenamiento.

$$\text{Duración de la congelación} = \frac{3 \text{ cm}}{+ 25^{\circ}\text{C} \times (\$ \text{ m/seg})^2} = 0.0075 \text{ días}$$

Entonces

$$0.0075 \text{ día} \times \frac{24 \text{ Hrs}}{1 \text{ día}} \times \frac{60 \text{ min}}{24 \text{ Hrs}} = 10.8 \text{ min}$$

Para el caso de diseño de nuestro proyecto se tomó $t_1 = 10 \text{ min}$.

Lo anteriormente mencionado se tomó del Manual Práctico de Refrigeración Tomo I de Luis Roger Homs pág. 70, 71.

- ESPESOR DE PARED

Según la Tabla 1 tomada del curso de refrigeración de

escuelas internacionales se obtuvo el espesor de pared tomando como referencia el revestimiento en corcho.

TABLA 1. Espesor del revestimiento de corcho adecuado a diferentes temperaturas de refrigeración.

TEMP. °F	ESPESOR PULG.
-20 a -5	8
- 5 a 5	6
5 a 20	5
20 a 35	4
35 a 45	3

$$K \text{ corcho} = 0.25 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2} \times \text{pulg}$$

$$K \text{ poliuretano} = 0.17 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2} \times \text{pulg}$$

Calculamos la conductancia del corcho para 8 pulg que es el espesor correspondiente a la temperatura del túnel (-20 °F a 5 °F) y la comparamos con la conductancia del poliuretano a diferentes espesores, seleccionando el espesor que más se acerque a la conductancia del corcho.

$$C = \frac{K}{L}$$

Conductancia para 8 pulg de Corcho

$$C = \frac{0.25 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2} \times \text{pulg}}{8 \text{ pulg}} = 0.03 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2}$$

Conductancia para 8 pulg de Poliuretano

$$C = \frac{0.17 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2} \times \text{pulg}}{8 \text{ pulg}} = 0.02 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2}$$

Conductancia para 6 pulg de Poliuretano

$$C = \frac{0.17 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2} \times \text{pulg}}{6 \text{ pulg}} = 0.028 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2}$$

Conductancia para 4 pulg de Poliuretano

$$C = \frac{0.17 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2} \times \text{pulg}}{4 \text{ pulg}} = 0.0425 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr } ^\circ\text{F ft}^2}$$

Analizando lo anterior las 6 pulg de poliuretano es el espesor que está en el rango de temperatura.

10.3 CONDICIONES DE DISEÑO

$$T_{BS} = 94^{\circ}\text{F}$$

$$T_{BH} = 82^{\circ}\text{F}$$

$$T_1 = 85^{\circ}\text{F}$$

$$T_2 = 28^{\circ}\text{F} \quad \text{Véase Anexo A}$$

$$T_3 = -13^{\circ}\text{F}$$

$$H_R = 85\% \quad \text{Véase Anexo A}$$

$$\text{Altitud} = 7 \text{ ft}$$

$$\text{Latitud} = 10^{\circ}\text{F}$$

$$m = 1 \text{ Lb}$$

$$C_p = 0.866 \text{ BTU/Lb}^{\circ}\text{F} \quad \text{Véase Anexo A}$$

$$C_i = 0,45 \text{ BTU/Lb}^{\circ}\text{F}$$

$$h_{of} = 122 \text{ BTU/LB}$$

$$t_1 = 10 \text{ min} = 0.17 \text{ Hrs}$$

$$f_i = 1.65 \text{ BTU/Hr}^{\circ}\text{F ft}^2$$

$$f_o = 6 \text{ BTU/Hr}^{\circ}\text{F ft}^2$$

$$E = 6 \text{ in}$$

$$K = 0.17 \text{ BTU/Hr}^{\circ}\text{F ft}^2 \times \text{in}$$

- Carga a través de paredes

$$Q_p = U \times A \times (T_{BS} - T_3)$$

$$U = \frac{1}{R} \quad R = \frac{1}{f_o} + \frac{E}{K} + \frac{1}{f_i}$$

$$R = 36,1 \frac{\text{Hr ft}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F}}{\text{BTU}} \quad U = 0,027 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr ft}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F}}$$

$$T_{BS} - T_3 = [94 - (-13)]^{\circ}\text{F} = 107^{\circ}\text{F}$$

Area de pared (A) = 107.9 ft²

$$Q_p = 0,027 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}^\circ\text{F ft}^2} \times 107,9 \text{ ft}^2 \times 1-7^\circ\text{F} = 311,7 \text{ BTU/Hr}$$

Para 24 Hrs

$$Q_p = 7481,3 \frac{\text{BTU}}{24 \text{ Hrs}}$$

El techo y el piso se consideraron como pared porque el cuarto es modular.

- Carga por infiltración

$$Q_i = V_c \times C_A \times C_{Ai}$$

$$V_c = 68,6 \text{ ft}^3$$

$$C_{Ai} = 4.18 \text{ BTU/ft}^3 \quad \text{Véase Anexo B}$$

$$C_A = 29/24 \text{ Hrs} \quad \text{Véase Anexo C}$$

$$Q_i = 68,6 \text{ ft}^3 \times 4.18 \text{ BTU/ft}^3 \times 29/24 \text{ Hrs}$$

$$Q_i = 8315,7 \text{ BTU/24 Hrs}$$

- Carga por producto

Carga sensible sobre el punto de congelamiento

$$Q_1 = \frac{m \times C_p \times (T_1 - T_2) \times 24 \text{ Hrs}}{t_1}$$

$$Q_1 = 1 \text{ Lb} \times 0,866 \text{ BTU/Lb}^\circ\text{F} \times \frac{(85 - 28) \times 24 \text{ Hrs}}{\text{-----}}$$

$$Q_1 = 6968,8 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}$$

- Carga Latente de congelamiento

$$Q_2 = \frac{m \times h_{of} \times 24 \text{ Hrs}}{t_1}$$

$$Q_2 = 1 \text{ Lb} \times 122 \text{ BTU}/\text{Lb}^\circ\text{F} \times \frac{24 \text{ Hrs}}{0,17 \text{ Hrs}}$$

$$Q_2 = 17223,5 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}$$

- Carga sensible por debajo del punto de congelamiento

$$Q_3 = \frac{m \times C_i \times (T_2 - T_3) \times 24 \text{ Hrs}}{t_1}$$

$$Q_3 = 1 \text{ Lb} \times 0,45 \text{ BTU}/\text{Lb}^\circ\text{F} \times [28 - (-13)] \frac{^\circ\text{F} \times 24 \text{ Hrs}}{0,17 \text{ Hrs}}$$

$$Q_3 = 26040,7 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}$$

$$Q_{PR} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{PR} = 26797 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}$$

- Carga Miscelánea

$$\text{No hay } Q_M = 0$$

$$Q_T = Q_p + Q_i + Q_{PR}$$

$$Q_T = 42593,8 \text{ BTU}/\text{Hrs}$$

$$F.S = 10\%$$

$$Q_T = 46853,2 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}$$

VENTILADORES AXIALES

En este tipo de ventiladores el aire sigue la dirección del eje del rotor, estando alineada la entrada y la salida. El rotor tiene dos o más alabes colocados en ángulo hacia el eje. Con este tipo de ventiladores el sentido del flujo se invierte al invertir el sentido del rotor.

Los ventiladores axiales son muy utilizados para aplicaciones de ventilación general o de movimiento de aire. Tienen un rendimiento mayor que los centrífugos (95%) el montaje es más sencillo, pero no puede vencer diferencias de presión muy elevadas, por lo que uso queda limitado a las instalaciones que tengan poca pérdida de carga.

La potencia requerida de un ventilador axial es la más baja para mantener grandes volúmenes de aire. Su potencia es menor a descarga máxima que a flujo restringido, contrario a lo que ocurre en ventiladores centrífugos que la potencia mínima ocurre cuando no se genera flujo (Ver

Anexo R).

SELECCION DE VENTILADORES AXIAL

Las especificaciones para la selección de ventiladores axial son las siguientes:

- Tipo de ventilador axial: Tubular, tipo hondo etc.

- Flujo de aire requerido: La capacidad de flujo se basa en el peso específico del aire.

- Pérdida de presión estática (P.E): Es la presión requerida para vencer la resistencias del sistema donde se encuentra el ventilador. La presión estática varía según la clase de instalación. Los casos más comunes son:
 - * Sin persianas ni filtros: P.E. = 0 mm columna de agua
 - * Con persianas pero sin filtro: P.E. = 1 a 3 mm columna de agua
 - * Con persiana y/o filtros P.E. = 5 a 10 mm columna de agua.
 - * Con ductos y otros accesorios: P.E. se debe calcular normalmente es mayor que 10 mm columnas de agua.

- Corrección de flujo por presión y temperatura.

- Temperatura: Temperatura de trabajo.

- Elección del ventilador:

Con la presión estática P.E. y el flujo se determina el tipo de ventilador (Ver Anexo S).

* Determinación del flujo (CFM)

$$\text{CFM} = \frac{Q_s}{\Delta T * 1.08}$$

Q_s : Calor sensible

$$Q_s = 48.806.5 \text{ BTU/h}$$

$$\Delta T = 10^\circ\text{F.}$$

$$\text{CFM} = \frac{48.806.5}{10^\circ\text{F} * 1.08} = 4.520.12 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Se tiene que $Q = V * A$

Donde:

Q = Caudal ($\text{ft}^3/\text{min.}$)

V = Velocidad del aire a la salida del difusor ($\text{ft}/\text{min.}$)

A = Area ft^2

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4.520.12}{(1.1 * 0.4687)\text{m}^2 * (3.3 \text{ ft})^2/\text{m}^2}$$

$$V = 820.2 \text{ ft/min} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg.}} * \frac{1 \text{ m}}{3.3 \text{ ft}} = 4.1 \text{ m/seg}$$

La presión estática para estos ventiladores es muy baja:

Tomando P.E = 5 mm columna de agua.

Con la P.E y los CFM se escoge el tipo de ventilador (Ver Anexo S). $\text{CFM} = 4.520.12 \text{ ft}^3/\text{min} = 2.09 \text{ m}^3/\text{seg.}$

El tipo de ventilador es: 2 CC1 504

Con el tipo de ventilador se va a la tabla. (Ver Anexo U) y se escoge el diámetro del ventilador.

SELECCION DEL EVAPORADOR

Para la selección del evaporador se escoge un modelo por ejemplo para el caso del proyecto un FAT/BT 1200 que tiene una capacidad de 12000 BTU/Hr.

Con anterioridad se ha calculado la carga térmica que ha de remover el equipo; además de esta carga térmica se agregan otras cargas, como son: la carga por resistencias, por motores (del evaporador). Todas estas sumadas dan una carga total que es la se utiliza para hallar la capacidad del evaporador, el cual se halla dividiendo la carga total entre el tiempo deseado de funcionamiento o de trabajo. Ahora si la capacidad hallada da menor que la supuesta, entonces el equipo es apto para realizar dicho trabajo.

Para el caso del proyecto se demostró que el equipo seleccionado si cumple y si da la capacidad requerida ya que $10290,4 \text{ BT/Hr} < 12000 \text{ BTU/Hr}$

Es un evaporador que tiene las siguientes características técnicas.

- 2 motores de 1075 Rpm
- Diámetro de las aspas 14 pul
- Tubería de líquido (entrada) 1/2 pul
- Tubería de succión 1 1/8 pul
- Consumo 4 amp por motor
- Voltaje 220/3/60

10.5 SELECCION DEL EQUIPO

EVAPORADOR O DIFUSOR

Casa Fabricante Friotérmica. Véase Anexo F

FAT/BT 1200

Capacidad = 12000 BTU/Hr

Resistencia = 3420 Wattios

Potencia = 1/2 Hp

No. de motores = 2

$$Q_{\text{Motor}} = 2 \times 1/2 \text{ Hp} \times 3800 \text{ BTU/Hp} \times 18 \text{ Hrs}/24 \text{ Hrs} = 68400 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}$$

$$Q_{\text{Resistencia}} = 3420 \text{ Wattios} \times 3.41 \text{ BTU/Wattios} \times 6 \text{ Hr}/24 \text{ Hrs}$$

$$Q_{\text{Resistencia}} = 69973,2 \text{ BTU}/\text{Hrs}$$

$$Q = Q_{\text{Motor}} + Q_{\text{Resistencia}} + Q_{\text{Total}}$$

$$Q = 185226,4 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}$$

$$\text{Capacidad del evaporador} = \frac{Q}{\text{Tiempo deseado de trabajo}}$$

$$\text{Capacidad del evaporador} = \frac{185226,4 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}}{18 \text{ Hrs}} = 10290,4 \text{ BTU}/\text{Hrs}$$

Lo que nos demuestra que el evaporador escogido sí da la capacidad

SELECCION DEL COMPRESOR

Para la selección del compresor se tiene que tener en cuenta el evaporador que con anterioridad fue seleccionado.

Primero que todo se halla la temperatura de evaporación el cual es igual a la temperatura del cuarto menos el diferencial de temperatura entre el cuarto y el evaporador. Después de haber hallado la temperatura de evaporación, se halla la temperatura de succión del compresor que es igual a la temperatura de evaporación menos las pérdidas en la línea de succión.

Teniendo todos los datos anteriores y con la temperatura de condensación que aquí en nuestro medio se toma entre 110°F - 130°F y con la clase de refrigerante a usar se selecciona el compresor.

Para el proyecto se seleccionó un compresor Copeland modelo LAL * 0310 que tiene las siguientes características.

Modelo LAL * 0310

- 3 Hp
- Ref. 502
- 220/3/60 voltaje

- Consumo 11 amp

COMPRESOR

Tiempo de funcionamiento = 18 Hrs

$$\text{Capacidad del compresor} = \frac{185226,4 \text{ BTU}/24 \text{ Hrs}}{18 \text{ Hrs}} = 10290,4 \text{ BTU/Hrs}$$

Refrigerante = 502

ΔT_0 = Diferencia de temperatura entre el cuarto y el evaporador

$$\Delta T_0 = (9 - 12)^\circ\text{F} \quad \rightarrow \quad \Delta T_0 = 10^\circ\text{F}$$

Temperatura de evaporación (TE) = $T_3 - \Delta T_0$

$$\text{TE} = -13^\circ\text{F} - (10^\circ\text{F}) = -23^\circ\text{F}$$

Temperatura de Succión del Compresor (T_{sc})

$T_{sc} = \text{TE} - \text{pérdidas en línea de succión}$

Pérdidas = 2°F Véase Anexo D

$$T_{sc} = -23^\circ\text{F} - 2^\circ\text{F} = -25^\circ\text{F}$$

Temperatura de Condensación (TC) = 110°F

Compresor Copeland Modelo LaL x 0310

3 Hp, 774 CfH Véase Anexo G

Selección de la Tubería

Tubería de líquido = 1 1/8 in Véase Anexo E

Tubería de succión = 1/2 in Véase Anexo E

CONDENSADOR

Casa Fabricante Friotérmica

Modelo: FUCA - 0300 L5 Véase Anexo H

10.7 CALCULO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

NOMENCLATURA

T_E =Tensión efectiva

T_x =Tensión necesaria para mover la banda vacía

T_y =Tensión necesaria para mover la carga en sentido
horizontal

T_z =Tensión necesaria para levantar o bajar la carga

L_c =Valor ajustado de la distancia entre centro del
transportador

G =Peso de las piezas en movimiento

Q =Razón de carga

C = Carga

S =Velocidad del motor

H_p = Potencia del motor

H =Diferencia de altura entre el punto de carga y el
punto de descarga

L =Longitud de la banda

F_x =Coeficiente de fricción de enrollamiento entre la banda y los rodillos

F_y =Coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos deslizantes

n_1 = RPM del motor

n_2 = RPM a la entrada del reductor

n_3 = RPM a la salida del reductor

n_4 = RPM de la polea # 4

n_5 = RPM de la polea # 5

n_6 = RPM del rodillo tambor

D_1 =Diámetro de la polea 1

D_2 = Diámetro de la polea 2

D_3 = Diámetro de la polea 3

D_4 = Diámetro de la polea 4

D_5 = Diámetro de la polea 5

D_6 = Diámetro de la polea 6

R =Relación de velocidad del reductor

CALCULOS

Tensión efectiva (T_E): La tensión o fuerza total efectiva se define como la fuerza transmitida por el motor cuando la banda se mueve en torno a la polea de accionamiento.

$$T_E = T_x + T_y \pm T_z$$

$$T_x = F_x \times L_c \times G$$

$$F_x = 0.03 \text{ para equipos nuevos}$$

$$F_x = 0.035 \text{ para equipos usados}$$

$$L_c = L \text{ para } L < 250 \text{ ft}$$

$$L_c = 0.55 L + 115 \text{ } L > 250 \text{ ft}$$

$$G = 40 \text{ Lbs/ft}$$

$$T_y = F_y \times L_c \times Q$$

$$F_y = 0.04 \text{ Normalmente}$$

$$Q = \frac{33.3 C}{S}$$

$$L = 8 \text{ ft}$$

$$T_z = H \times Q$$

$$H_p = \frac{T_E \cdot S}{33.000}$$

$$C = \frac{1 \text{ Lb}}{10 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ Ton}}{2200 \text{ Lb}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ Hr}} = 0.00273 \text{ Ton/Hr}$$

$$n_1 = 1685 \text{ RPM}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \rightarrow n_2 = \frac{n_1 \times D_1}{D_2}$$

$$n_2 = \frac{1685 \text{ RPM} \times 2 \text{ in}}{8 \text{ in}} = 421.25 \text{ RPM}$$

$$R = 31:1 \quad n_3 = 13.59 \text{ RPM}$$

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{D_4}{D_3} \quad n_4 = \frac{n_3 \times D_3}{D_4} =$$

$$n_4 = \frac{13.59 \times 2 \text{ in}}{8 \text{ in}} = 3.39 \text{ RPM}$$

$$n_4 = n_5$$

$$n_6 = \frac{n_5 \times D_5}{D_6} = \frac{3.39 \text{ RPM} \times 2 \text{ in}}{10 \text{ in}} = 0.67 \text{ RPM}$$

$$S = n_6 \times r$$

$$S = 0.67 \frac{\text{Rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ Rad}}{1 \text{ Rev}} \times 2 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} = 0.7 \text{ ft/min}$$

$$T_x = 0.03 \times 8 \text{ ft} \times 40 \text{ Lb/ft} = 9.6 \text{ Lbs}$$

$$Q = \frac{33.3 \times 0.00273 \text{ Ton/Hr}}{0.7 \text{ ft/min}} = 0.13 \text{ Lb/ft}$$

$$T_y = 0.04 \times 8 \text{ ft} \times 0.13 \text{ Lb/ft} = 0.0416 \text{ Lbs}$$

$$T_z = H \times Q \quad H = 0 \quad \rightarrow \quad T = 0$$

$$T_E = 9.64 \text{ Lbs}$$

$$H_p = \frac{9.64 \text{ Lbs} \times 0.7 \text{ ft/min}}{33.000} = 0.0002 H_p$$

Eficiencia del reductor 80%

Eficiencia de transmisión 80%

$$\text{Potencia del motor} = \frac{0.00022 H_p}{0.8 \times 0.8} = 0.00032 H_p$$

10.8.1 Diseño del eje 1.

Polea 1 = Polea del reductor (salida)

$$D_1 = 2 \text{ pul}$$

$$N_1 = 13.6 \text{ Rpm}$$

$$P_{\text{or}} \text{ del Reductor} = 0.0032 \text{ Hp}$$

Polea 2 = Polea del eje 1 que recibe la potencia del reductor

$$D_2 = 8 \text{ pul}$$

$$N_2 = 3.4 \text{ Rpm}$$

Diagrama de fuerzas del eje en el plano X-Y-Z

Diagrama de fuerzas en el plano X-Z

F_1 y F_2 = Fuerza de tracción debido a la transmisión del reductor (polea 1) al eje 1 (polea 2)

F_1 = Lado tirante

F_2 = Lado flojo

F_3 y F_4 = Fuerzas de tracción que transmite el eje 1 a la polea 3

$F_3 < F_4$

Cálculo de F_1 , F_2 , F_3 y F_4

$$P_{\text{ot}} \text{ Transmitida} = \frac{\tau_1 N_2}{63000} \text{ Hp}$$

τ_1 = Par motor de la polea 2 (eje 1) producido por la fuerza de tracción, ramal conductor (F_1) y tracción ramal conducida (F_2).

$$F_1 > F_2$$

$$N_2 = 3.4 \text{ Rpm}$$

$$P_{or} = 0.0032 \text{ Hp}$$

$$0.0032 \text{ Hp} = \frac{\tau_1 * 3.4}{63000} \rightarrow \tau_1 = \frac{0.0032 * 63000}{3.4} = 59.3 \text{ Lb-pul}$$

$$\text{Ecuación 1 } F_1 - F_2 = \frac{\tau_1}{r_2} \rightarrow F_1 - F_2 = \frac{59.3}{4} = 14.8$$

$$F_1 - F_2 = 14.8$$

$$\frac{F_1 - K_1}{F_2 - K_1} = E^{f\theta}$$

$$\text{Donde } K_1 = \frac{12 \rho b t V_1^2}{g_0}$$

K_1 = Fuerza centrífuga que actúa en la correa

F = Coeficiente de fricción

V_1 = Velocidad de la correa en ft/min

ρ = Densidad de la correa (0.045 Lb/pul³) para correas de caucho

g = Aceleración de la gravedad

θ = Angulo de contacto

b y t = Dimensiones de la sección transversal de la correa

tipo A

$$V_1 = \frac{\pi N_2 D_2}{12(60)} = \frac{\pi * 3 * 4 \text{ Rpm} * 8 \text{ pul}}{12(60)} = 0.12 \text{ ft/seg}$$

$$\theta = \pi \pm \frac{D_2 - D_1}{C} \text{ Radianes}$$

Angulo de contacto para la polea menor

$$\theta = \pi \pm \frac{D_2 - D_1}{C} = \pi - \frac{(8 - 2) \text{ pul}}{15 \text{ pul}} = 2.74 \text{ Rad}$$

Para el cálculo del coeficiente de fricción se asume un deslizamiento del 2% para correa de caucho sobre polea de acero es: $F = 0.3$

$$K_1 = \frac{12 \text{ pbt } V_1^2}{g_o} = \frac{12(0,045)(0,5)(0,3125)(0,12)^2}{32.2}$$

$$K_1 = 37.7 \times 10^{-6} \text{ Lb}$$

$$\frac{F_1 - 37.7 \times 10^{-6}}{F_2 - 37.7 \times 10^{-6}} = E^{0,3 \times 2.74} = 2.27$$

$$F_1 - 37,7 \times 10^{-6} = 2.27 (F_2 - 37,7 \times 10^{-6})$$

$$F_1 - 2.27 F_2 = - 47,879 \times 10^{-6} \text{ Ecuación 2}$$

Solucionando las ecuaciones 1 y 2 se calcula el valor de F_1

y F_2

$$F_1 - F_2 = 14.8$$

$$- F_1 + 2.27 F_2 = + 47.879 \times 10^{-6} \quad (-1)$$

$$1.27 F_2 = 14.8 \rightarrow F_2 = 11.65 \text{ lb}$$

147

$$F_1 = 26.45 \text{ lb}$$

Cálculo de F_3 y F_4

$$K_2 = \frac{12 \rho b t V_2^2}{g_o} ; V_2 = \frac{\pi N_3 D_3}{12(60)} = \frac{\pi(3.4)(2) \text{ pul}}{12(60)}$$

$$V_2 = 0.029 \text{ ft/seg}$$

$$K_2 = \frac{(12)(0.045)(0.5)(0.3125)(0.029)^2}{32.2} = 2.2 \times 10^{-6}$$

Cálculo del torque polea 3 (T_3)

$$F_4 - F_3 = \frac{\tau_3}{R_3}$$

$$P_{or} = \frac{\tau_3 N_3}{63000} \rightarrow \frac{0.032 \text{ Hp} * 63000}{N_3} = \tau_3$$

$$\tau_3 = \frac{0.032 * 63000}{3.4} = 59.3 \text{ Lb-pul}$$

$$\text{Ecuación 3 } F_4 - F_3 = \frac{59.3}{1} = 59.3$$

$$F_4 - F_3 = 59.3$$

$$\frac{F_4 - K_2}{F_3 - K_2} = E^{f\theta}$$

$$\theta = \pi \pm \frac{D_3 - D_4}{C} \text{ Rad}$$

Tomando la polea más pequeña

$$\theta = \pi - \frac{D_3 - D_4}{C}$$

$$\theta = \pi - \frac{(2 - 10)}{30 \text{ pul}} = 3.4 \text{ Rad}$$

$$\frac{F_4 - 2.2 \times 10^{-6}}{F_3 - 2.2 \times 10^{-6}} = E^{0.3 * 3.4} = 2.77$$

$$F_4 - 2.77 F_3 = - 3,894 \times 10^{-6} \quad \text{Ecuación 4}$$

Solucionando las ecuaciones 3 y 4 se obtienen los valores de F_3 y F_4

$$\begin{array}{r} F_4 - F_3 = 59.3 \\ F_4 - 2,77 F_3 = - 3,894 \times 10^{-6} \quad (-1) \\ \hline 1.77 F_3 = 59.3 \quad \rightarrow \quad F_3 = 33.5 \text{ lb} \\ F_4 = 92.8 \text{ lb} \end{array}$$

Cálculo de las Reacciones R_{AZ} , R_{BZ}

Diagrama de las reacciones X y Z en el eje

R_{AZ} = Reacción que actúa en el cojinete A en dirección Z

R_{BZ} = Reacción que actúa en el cojinete B en dirección Z

$$(+)\quad \Sigma F_z = 0$$

$$- 126.3 - R_{AZ} - R_{BZ} + 38.1 = 0$$

$$R_{AZ} + R_{BZ} = - 88.2$$

$$(+)\ \Sigma M_A = 0$$

$$- 126.3 \times 3 + 4 R_{BZ} + 38.1 \times 7 = 0$$

$$R_{BZ} = 161.4 \text{ lb}$$

$$R_{AZ} = - 249.6 \text{ lb}$$

Diagrama de fuerzas, cortantes y momentos fluctor en el plano X-Z

Por singularidad:

$$M = - 126.3 X + 249.6 < X - 3 > - 161.4 < X - 7 > + 38.1 < X - 10 >$$

$$M_{x=3} = - 126.3 \times 3 = - 378.9 \text{ Lb-pul}$$

$$M_{x=7} = -126.3 \times 7 + 249.6 <7 - 3> = 114.3 \text{ lb-pul}$$

$$M_{x=10} = 0$$

Diagrama de Fuerzas del eje en el plano X - Y

W_{p3} = Peso de la polea 3

W_{p2} = Peso de la polea 2

$$W_{p3} = 1.5 \text{ lb}$$

$$W_{p2} = 4 \text{ lb}$$

$$(+)\ \Sigma F_y = 0$$

$$= W_{p3} + R_{Ay} + R_{By} - W_{p2} = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = 5.5$$

$$(+)\ \Sigma M_A = 0$$

$$- 1.5 \times 3 - R_{By} \times 4 + 7 \times 4 = 0$$

$$R_{By} = 5.875 \text{ lb}$$

$$R_{Ay} = -0.375 \text{ lb}$$

Diagrama de fuerzas cortantes y momento flector

Por singularidad

$$M = - 1.5 X - 0,375 \langle X - 3 \rangle + 5.875 \langle X - 7 \rangle - 4 \langle X - 10 \rangle$$

$$M_{x=3} = - 1.5 \times 3 = - 4.5 \text{ lb-pul}$$

$$M_{x=7} = 1.5 \times 7 - 0,375 \langle 7 - 3 \rangle = - 12$$

$$M_{x=10} = -1.5 \times 10 - 0,375 < 10 - 3 > + 5,875 < 10 - 7 > = 0$$

$$M_A = \sqrt{M_{AXY}^2 + M_{AXZ}^2} = 378.9 \text{ lb-pul}$$

$$M_B = \sqrt{M_{BXY}^2 + M_{BXZ}^2} = 114.9 \text{ lb-pul}$$

Para el diseño del eje se toma el momento mayor y el torque a que está sometido el eje debido a la transmisión de potencia.

Acero seleccionado AISI 1045

Procedimiento C.D. (estirado en frío)

Sut: Resistencia mínima a la tensión

Sy : Resistencia de fluencia

Se : Límite de fatiga

Ka : Factor de superficie

Kb : Factor de tamaño

Kc : Factor de confiabilidad

Kd : Factor de temperatura

Ke : Factor de concentración de esfuerzos

F.s: Factor de seguridad

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e$$

$$S'_e = 0,504 \text{ Sut}$$

$$\text{Sut} = 91 \text{ kpsi}$$

$$S_y = 77 \text{ kpsi}$$

$$S'_e = 0,504 \times 91 = 45.664 \text{ kpsi}$$

$$K_a = 0.6 \quad K_b = 1, \quad K_c = 1, \quad K_d = 1, \quad K_e = 1$$

$$K_a = 0.6 \text{ Ver Anexo N}; \quad K_c = 1 \text{ Ver Anexo Ñ}$$

$$S_u = 0.6 \times 45.664 \text{ kpsi} = 27.6 \text{ kpsi}$$

Aplicando Soderberg

$$d = \left\{ \frac{48 F, S}{\pi} \left[(T/S_y)^2 + (M/S_e)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$F.S = 2$$

$$d = \left\{ \frac{48 \cdot 2}{\pi} \left[\left(\frac{59.5}{77 \times 10^3} \right)^2 + \left(\frac{518.9}{27.6 \times 10^3} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0.7498 \text{ pul} \geq 0.75 \text{ pul}$$

10.8.3 Cálculo de las correas del sistema (mecanismo).

Potencia a transmitir

$$P_{OT} \text{ de proyecto} = N s f * P_{OT} \text{ Transmitida}$$

Nsf: Factor de servicio

El tipo de servicio (intermitente)

$$Nsf = 1.2$$

Cuando el servicio es intermitente se le resta 0.2 al factor de servicio.

$$P_{OT} \text{ proyecto} = (1.2 - 0.2) (0.9 \text{ Hp}) = 0.9 \text{ Hp}$$

Con esta potencia y las RPM del motor se calcula el tipo de sección de la correa

$$N_m = 1685 \text{ Rpm}$$

$$P_{or} \text{ proyecto} = 0.9 \text{ Hp}$$

Con estos datos se va al Anexo J y se obtiene la selección de la correa que es del tipo "A" y al Anexo K para obtener el diámetro de la polea.

Se toma un diámetro de polea de 2 pul

$$\text{Polea 1} = 2 \text{ pul}$$

Cálculo de la polea 2

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow D_2 = \frac{N_1}{N_2} D_1$$

$$D_2 = \frac{1685 \text{ Rpm}}{421.25 \text{ Rpm}} \times 2 \text{ pul} = 8 \text{ pul}$$

En el Anexo K se hacen las constantes para la potencia nominal.

$$a_2 = 2,684$$

$$c = 5,326$$

$$e = 0,0136$$

$$P_{OT} \text{ Nominal} = \left[a \left(\frac{10^3}{V_m} \right)^{0,09} - \frac{C}{K_d D_1} - e \frac{V_m^2}{10^6} \right] \frac{V_m}{10^3}$$

V_m = velocidad de la correa en ft/min

K_d = Coeficiente de diámetro pequeño

D_1 = Diámetro polea del motor

Cálculo de V_m

$$V_m = \pi \frac{(N_1 \text{ motor})}{12} D_1 = \pi \frac{(1685 \text{ Rpm}) 2 \text{ pul}}{12}$$

$$V_m = 882.26 \text{ ft/min}$$

Del Anexo L se halla el coeficiente de diámetro pequeño.

$$K_d = f(D_2/D_1)$$

D_2 = Diámetro de la polea de entrada al reductor de velocidades

D_1 = Diámetro de la polea del motor

$$D_2/D_1 = 8/2 = 4$$

entonces $K_d = 1.14$

¡Error!

$$P_{OT} \text{ Nominal ajustada} = (P_{OT} \text{ nominal}) K_\theta \times K_L$$

K_θ = Coeficiente de corrección para un arco de contacto distinto a 180°

K_L = Coeficiente de corrección de la longitud de la correa

Cálculo de K_θ

$$D_2 - D_1$$

$$\frac{\text{-----}}{C}$$

C = Distancia entre centros de las poleas.

D₂ = Diámetro de la polea mayor

D₁ = Diámetro de la polea menor

Para el cálculo de K_θ se utilizará la distancia mínima entre centros que se calcula con la fórmula

$$C = \frac{D_1 + D_2}{2} + D_1$$

$$C = \frac{8 + 2}{2} + 2 = 7 \text{ pul}$$

$$\frac{D_2 - D_1}{C} = \frac{8 - 2}{7} = 0,86$$

Entonces K_θ = 0,85 véase Anexo M

Cálculo de K_L

Para hallar el K_L es necesario conocer la longitud primitiva de la correa

L_p = Longitud primitiva de la correa

$$L = 2C + 1.57 (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(15) + 1.57 (8 + 2) + \frac{(8 - 2)^2}{4 * 15}$$

$$L = 46.5 \text{ pul}$$

Se seleccionará una correa tipo A 46 Véase Anexo K

Entonces: Se necesitan 2 correas tipo A 47 y una tipo A 80

10.8.5 Selección de los rodamientos del eje.

Cargas del rodamiento en el punto A y B

$$R_{Az} = 249.6 \text{ lb}$$

$$R_{Ay} = 0.375 \text{ lb}$$

$$R_A = \sqrt{(249.6)^2 + (0.375)^2} = 249.6 \text{ lb}$$

Cálculo de la carga dinámica equivalente P

$$P = xF_r + yF_a$$

X, y: Factor de carga

F_r = Fuerza radial resultante que soporta el cojinete

F_a = Fuerza axial resultante que soporta el cojinete

Como $F_a = 0$ entonces la $P = xF_r$

Si $F_a = 0$, entonces $X = 1$

$$P = F_r = R_n = 80 \text{ lb}$$

Con las Rpm del eje y la duración nominal en horas de servicio del rodamiento $L_{10h} = 8000$, se obtiene la relación de la capacidad de carga dinámica C.

$$c/p = 1.68 \quad L_{10h} = 8000 \text{ Ver Anexo O}$$

$$C/P = 1.68 \text{ Ver Anexo P}$$

$$C = P(1.68) = 249.6 * 1.68 = 419.4 \text{ lb}$$

Cálculo de la carga estática equivalente P_0

$$P_0 = 0,6 F_r + 0.5 F_a$$

Como $F_a = 0$ entonces

$$P_0 = 0.6 F_r = 0.6 (249.6 \text{ lb}) = 149.76 \text{ lb}$$

$$\text{Si } P_0 < F_r; P_0 = F_r = 249.6 \text{ lb}$$

Cálculo de la capacidad de carga estática

$$C_0$$

$$C_0 = S_0 * P_0$$

$$S_0 = \text{Factor de seguridad estática} = 1.6$$

$$C_0 = 1.6 * 249.6 \text{ lb} = 399.36 \text{ lb}$$

Con estos datos se capacidad de carga dinámica C, la capacidad de carga estática C_0 y el diámetro del eje en mm se selecciona el rodamiento Y (630304BA) véase Anexo I

Soporte Sy 504

Designación SY20TB

Ver Anexo Q

DISEÑO ELECTRICO

- Motor evaporador: 208 V/ 1 ϕ / 60Hz / 3/4 H_p

- Motor condensador 208 V/ 1 ϕ / 60Hz / 3/4 H_p

P_{or} mecánica = 3/4 Hp

P_e = Potencia eléctrica.

P_e = 560 Vatios

Para un motor monofásico P_e = V * I

Donde:

V : Voltaje

I : Corriente

$$I = P_e / V = 560/208 = 3 \text{ Amp}$$

que es la corriente para el condensador y evaporador.

$$I \text{ arranque} = 6 * I_0 = 6 * 3 = 18 \text{ Amp}$$

Para el calculo de la acometida eléctrica

A = (Capacidad de amperio en la acometida)

$$A = I \text{ arranque} \times 1.3 = 23.4 \text{ Amp}$$

Para este tipo de corriente se escoge por tabla el cable TW # 10 que soporta 30 Amp máximo. (Ver Anexo T).

- Motor compresor: 220 V/3Ø/60Hz/3Hp

POT Mecánica = 3Hp

$$P_e = 2.238 \text{ Vatios}$$

Para un motor trifásico $P_e = \sqrt{3} * V * I * \text{Cos } \theta$

$$I = \frac{P_e}{\sqrt{3} * V * \text{Cos } \theta} = \frac{2.238}{\sqrt{3} * 220 * 0.8} = 7,39 \text{ Amp}$$

que es la corriente para el motor del compresor.

$$I_{\text{arranque}} = 7.34 * 3 = 22 \text{ Amp}$$

Para el calculo de la acometida eléctrica

$$A = I \text{ arranque} * 1.33 = 28 \text{ Amp.}$$

Para este tipo de corriente se escoge por tabla el cable TW # 10 que soporta 30 Amp máximos. (Ver Anexo T).

- Motor Banda: 208 V /3φ/ 60 Hz /0.9Hp

Potencia mecánica = 0.9 Hp

$P_e = 621.4$ Vatios

$P_e = \sqrt{3} * V * I * \text{Cos } \theta$

$$I = \frac{P_e}{\sqrt{3} * V * \text{Cos } \theta} = \frac{671.4}{\sqrt{3} * 208 * 0.8} = 3 \text{ Amp}$$

que es la corriente para el motor de banda.

I arranque = 3 * 6 = 18 Amp.

Para el cálculo de la acometida eléctrica.

A = I arranque * 1.3 = 24 Amp.

Para este tipo de corriente se escoge por tabla el cable TW # 10 que soporta 30 amperios máximos. (Ver Anexo T).

- Para el circuito de control :

Voltaje de operación = 220 Voltios

Ioperación = 1.5 Amp.

Para este tipo de variables se elige un contactor de telemecanique LC1 - D09 que soporta un voltaje de operación de 750 voltios y una corriente máxima de 9 Amp.

10.9 MANUAL DE LABORATORIO

PRACTICA No. 1

Objetivo: Observar el fenómeno de congelación rápida.

Datos:

Masa: 1 Lb de pescado

Tiempo de congelación: 10 minutos

Temperatura del cuarto: - 13°F

PROCEDIMIENTO

- Esperar que el cuarto alcance la temperatura de -13°F.
- Pesar en la balanza 3 postas de pescados de 1 Lb c/u.
- Colocar en la banda transportadora una posta de 1 Lb y arrancar la banda transportadora.
- Esperar un lapso de tiempo de 10 minutos y seguir introduciendo las restantes postas cada 10 minutos.
- Verificar si se produjo la congelación en las postas de pescado.

- CONCLUSIONES

- RECOMENDACIONES

PRACTICA No. 2

Objetivo: Determinar cuánta masa de agua se congela en las mismas condiciones de congelación de 1 Lb de pescado.

Datos.

Calor latente del agua = 144 BTU/Lb (h_{0f} H₂O)

Calor latente del pescado = 122 BTU/Lb (h_{0f} pescado)

$$Q = \frac{m \times h_{0f} \times 24 \text{ Hrs}}{t}$$

PROCEDIMIENTO

- Después de calculada la cantidad de agua (Lbs) realizar el mismo procedimiento que en la práctica No. 1 y verificar el congelamiento.

- CONCLUSIONES

- RECOMENDACIONES

PRACTICA No. 3

Objetivo: Calcular el efecto refrigerante neto del sistema.

Datos.

Temperatura de evaporación = -23°F

Temperatura de condensación = 110°F

PROCEDIMIENTO

- Calcular el efecto refrigerante con las temperaturas anteriormente citadas, remitiéndose a las tablas de vapor saturado del R 502.

- Luego hallar la cantidad de refrigerante (Lbs) por minuto que circula en el sistema.

- Más tarde calcular el efecto refrigerante y la cantidad de refrigerante por minuto reales del sistema y compararla con la teórica.

- CONCLUSIONES

- RECOMENDACIONES

10.11 MANUAL DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- Revisión con el personal de operación:

Revisar con el personal de operación el uso del equipo para ver si ha sido reportada una operación errónea o anormal. Preguntar particularmente acerca de la operación del control de seguridad de presión de aceite o de otros dispositivos de seguridad.

- Presiones y temperaturas de operación

Revisar las presiones de succión y descarga para asegurar que están en el rango normal para la aplicación.

Si cualquier indicación anormal existe tales como cortos ciclajes en los controles de presión o temperatura excesivas del compresor, use un manómetro múltiple para revisar las presiones de operación en el sistema sin los manómetros permanentemente instalados. Si las presiones de operación son anormales, la causa del mal funcionamiento debe encontrarse y corregirse.

Revise la temperatura de la cabeza del compresor al tacto.

Una cabeza anormalmente fría puede indicar flappers abiertos, bielas rotas o excesivo regreso de refrigerante líquido.

Una temperatura anormalmente alta en la cabeza puede indicar, flapper abiertos, una junta soplada o inadecuada en la cabeza o enfriamiento inadecuado del compresor.

- Condición y nivel de aceite.

En compresores Copeland, el nivel del aceite debe estar en o ligeramente arriba del centro de la mirilla.

Si el aceite está de color negro, el aceite deberá ser drenado del cárter del compresor.

Si el aceite tiene un olor ácido, el filtro en la línea de succión debe ser instalado y dejado durante 48 horas.

- Carga de refrigerante al sistema.

Todos los sistemas deben tener una alimentación de líquido únicamente en la válvula de expansión para asegurar la operación adecuada una mirilla clara indica la carga correcta.

Burbujas en la mirilla indica falta de refrigerante. Una sobrecarga de refrigerante puede contribuir para altas presiones de descarga, inundación de refrigerante líquido, resultando problemas de lubricación del compresor.

- Filtro de la línea de líquido.

Revise el filtro si éste está congelado o si existe un cambio de temperatura perceptible entre la entrada y la salida de la línea del líquido del deshidratador y una excesiva caída de presión se registra el deshidratador o elemento deshidratador deberá ser cambiado.

- Eliminador de vibración.

Si la cubierta de alambre trenzado del eliminador de vibraciones metálico ha empezado a salirse del extremo soldado de los conectores, el eliminador de vibración deberá ser cambiado para evitar posibles roturas, pérdida de la carga de refrigerante y un daño potencial al personal.

- Tubos capilares y línea de refrigerantes.

Revise los soportes y abrazaderas de la línea de refrigerante para asegurarse de que no existan cortes o

desgastes de la línea.

Las muestras de aceite en las tuercas flase o conexiones de las válvulas indican la posibilidad de una fuga de refrigerante.

Limpie con un trapo y apriete la tuerca flase.

- Control de refrigerante líquido.

Revise cualquier indicación de inundación de refrigerante líquido tales como el compresor sudado o congelado, oxidación de la válvula de succión del compresor.

Si el refrigerante no puede ser controlado adecuadamente con los controles existentes en el sistema, puede ser requerido un acumulador en la línea de succión.

- Tablero de control eléctrico.

Revise el tablero de control eléctrico para asegurar que los protectores y calentadores del motor no están puenteados vea si existen marcas de quemadura en el gabinete que pueden indicar posibles cortos y revise los contactos en todo contactor en donde exista cualquier duda.

- Revise si el serpentín está congelado y si está limpio.

Revise la temperatura que será mantenida en el espacio refrigerado.

- Revise la condición de la banda y lubrique las chumaceras.

10.13 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

ARRANQUE Y PARADA

1. ARRANQUE

Antes de arrancar el sistema procédase a efectuar la siguiente serie de pruebas visuales eléctricas y mecánicas del sistema:

- Mantenga el sistema degenerizado. Pruebe el voltaje de entrada con un voltímetro y compárelo con el especificado en la placa de identificación de la unidad.

El voltaje requerido para el equipo es de 220 voltios y las variaciones máximas en el voltaje puede variar desde el -5% en el lado bajo, a +10% en el lado de alta, por fuera de estos límites el equipo estará expuesto a graves problemas.

- Girar la hélice del ventilador de condensación para asegurarse de que no está arrastrando contra ningún obstáculo y también para verificar que los rodamientos del motor están girando libremente.

- Pruebe las conexiones eléctricas en todos los terminales para asegurarse de que estén seguros.

- Si se requiere, suelte los tornillos que sujetan al compresor para permitir que éste flote libremente sobre los resortes.

- Abra la válvula de succión (toda hacia atrás) y luego la de líquido.

- Examine el termostato para asegurarse de que está en la posición correcta (-30°C).

Pasos para el arranque:

- Mantener el interruptor de desconexión exterior en la posición desenergizada.

- Energize el circuito del sistema de control presionando el pulsador de arranque (verde).

- Coloque el interruptor 1 (de izquierda a derecha) en la posición de preñida (ON), el cual le da arranque a la unidad condensadora y evaporada.

- Coloque el interruptor 2 (de izquierda a derecha) en la posición de preñida (ON) el cual le da arranque al motor de la banda transportadora.

- Deje que el sistema trabaje por varios minutos hasta que se estabilice el flujo del refrigerante, para comenzar a observar las siguientes características de una operación correcta.

. El ventilador de condensación está moviendo aire caliente que viene desde el serpentín de condensación.

. El ventilador interior está circulando aire frío.

. La línea de succión desde el evaporador hasta el compresor se siente fría cuando se toca.

. La línea de líquido a la salida del condensador se siente caliente cuando se toca.

. El amperaje que debe estar conteniendo el compresor no debe pasar de 11 amp.

. El motor de la banda no debe consumir más de 3 amp.

2. PARADA

- Cuando la temperatura del cuarto (túnel) alcanza - 30°C, el termostato que está graduado para esa temperatura, manda una señal al compresor apagándolo e inmediatamente

entra el paragón (con el ciclo de descongelación), el cual mete las resistencias eléctricas de descongelación del evaporador. El ciclo de descongelación se realiza cada 6 horas en un tiempo de duración de 25 minutos.

Transcurrido los 25 minutos de descongelación arranca de nuevo el compresor y todo el sistema.

- Para la parada general del sistema solamente se presiona el pulsador de parada (rojo) y se desenergiza el circuito de control.

- Los interruptores 1 y 2 se elevan a la posición (OFF).

10.15 TABLA DE DIAGNOSTICO DE SERVICIO

SINTOMAS	CAUSA POSIBLE
A. Compresor zumba pero no arranca	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alambrado incorrecto 2. Bajo voltaje en la línea 3. Capacitor de arranque o de trabajo defectuoso. 4. Presiones no igualadas en el motor PSC. 5. Compresor dañado internamente (Mecánicamente).
B. Compresor no arranca, no trabaja (no zumba)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Circuito de potencia abierto. 2. Protector del motor del compresor abierto. 3. Control o termostato abierto. 4. Devanados del motor quemados circuito abierto.
C. El compresor arranca pero opera el protector de sobrecarga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bajo voltaje en la línea. 2. Alambrado incorrecto. 3. Presión de descarga o succión excesiva. 4. Protector de sobrecarga defectuoso. 5. Devanado del motor en corto o aterrizado.
D. Unidad ciclando	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diferencial del control corto. 2. Baja carga de refrigerante. 3. Presión de descarga muy alta. 4. Fuga en los flappers de descarga.
E. Relé de arranque quemado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alto o bajo voltaje. 2. Ciclajes cortos. 3. Relay montado incorrectamente. 4. Capacitor de trabajo incorrecto.
F. Contacto pegados y flameados del relay de arranque	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trabajo con cortos ciclajes. 2. Capacitor de arranque sin resistencia.

SINTOMAS	CAUSA POSIBLE
G. Presión en la cabeza muy alta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobre carga de refrigerante. 2. Aire en el sistema. 3. Condensador sucio. 4. Mala operación del ventilador del condensador. 5. Restricción en la línea de descarga.
H. Baja presión en la cabeza	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura ambiente baja. 2. Baja carga de refrigerante. 3. Flappers o bielas dañadas.
I. Temperatura del espacio refrigerado muy alta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carga de refrigeración corta. 2. Restricción en el filtro o en la válvula de expansión. 3. Evaporador sucio. 4. Compresor con real funcionamiento.
J. Pérdida de la presión de aceite	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pérdida de aceite en el compresor. <ol style="list-style-type: none"> a) Aceite atrapado en el sistema. b) Compresor con corto ciclaje. c) Aceite insuficiente en el sistema. d) Operación con excesiva baja presión de succión. 2. Regreso de líquido excesivo al compresor. 3. Bomba de aceite defectuosa.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los objetivos trazados para la elaboración de este proyecto se tienen como conclusiones las siguientes:

La transferencia de calor siempre ocurre de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja y nunca en dirección opuesta. La transferencia de energía en calor ocurre de tres formas o maneras: por conducción, convección y radiación.

La única forma de conservar los alimentos en su estado fresco original es mediante la refrigeración, desde luego que esta es la ventaja que tiene la refrigeración con respecto a los demás métodos de conservación de alimentos. Tiene una desventaja que es la siguiente; cuando un alimento va a ser conservado mediante refrigeración el proceso de refrigeración debe empezar de inmediato después de la recolección o de la matanza.

La conservación de alimentos putrecibles por refrigeración, se efectúa a temperaturas bajas con el fin de eliminar o retardar la actividad de los agentes destructores como los enzimas, mohos, levaduras, bacterias, etc.

Los productos alimenticios pueden ser congelados ya sea en forma lenta o rápida.

El congelamiento rápido o por combinación de ellas se obtiene en cualquiera de las tres formas siguientes: por inmersión, contacto indirecto y corrientes de aire o chorros de aire.

La congelación rápida ayuda a la formación de cristales de hielo más pequeños que la congelación lenta. Lo cual favorece en la calidad del producto.

Se seleccionó un evaporador modelo FAT/BT 1200 el cual tiene una capacidad de 12000 BTU, el cual se demostró mediante cálculos que el evaporador escogido es el apropiado para los fines del proyecto.

Se seleccionó un compresor copeland modelo Lal x 0310 teniendo en cuenta la temperatura de condensación, el refrigerante usado, la temperatura de evaporación. El

cual cumple con la capacidad requerida para los fines del proyecto.

Se seleccionó la válvula de expansión teniendo en cuenta el refrigerante utilizado y la temperatura de evaporación, se utilizó el catálogo de Sporlan.

Se seleccionó la unidad condensadora teniendo en cuenta la temperatura de succión y la capacidad requerida en BTU/H.

Se escogió el modelo FUCA-R0300 L₅ según catálogo de FRIT.

BIBLIOGRAFIA

- ALARCON CREUS, José. Tratado práctico de refrigeración y aire acondicionado. Madrid. Capítulos I y II. p. 8-23, 7-38.
- BOTERO, Camilo. Refrigeración y aire acondicionado. Prentice Hall/Internacional. Capítulos I, IX, X. p. 3-9, 101-107, 326-332.
- COLLIN, Daniel. La carne y el frío. Madrid. Paraninfo, Capítulo 3. p. 82-102.
- DOSSAT, Roy J. Principios de Refrigeración. México. Continental S.A. de C.V. Capítulos 9 y 10. p. 163-185, 187-125
- MORING FAIRES, Virgil. Diseño de elementos de máquinas. México. Uteha. Capítulo XVII. p. 575-608.
- Refrigeration Load Estimating Manual. Krack Corporation. Capítulos I, III, V, VI, VII. p. 4-5, 6-12, 13-19, 20-48, 49-51.
- STREETER, Victor L. Mecánica de los fluidos. México. Mac Graw Hill. Capítulo I. p. 3-18.

