



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

**DISEÑO DE INSTALACIONES Y SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL  
ÓPTIMO ALMACENAJE EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS CÁRNICOS**

**Diego Alberto Guillén Mayorga**

Asesorado por el Ing. Jorge Luis Puertas Jerez

Guatemala, mayo de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INSTALACIONES Y SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL  
ÓPTIMO ALMACENAJE EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS CÁRNICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**DIEGO ALBERTO GUILLÉN MAYORGA**

ASESORADO POR EL ING. JORGE LUIS PUERTAS JEREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

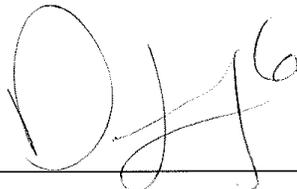
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### DISEÑO DE INSTALACIONES Y SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL ÓPTIMO ALMACENAJE EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS CÁRNICOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 03 de marzo de 2010.



---

Diego Alberto Guillén Mayorga

Guatemala, 14 de febrero del 2011

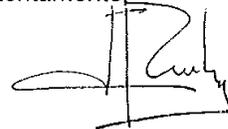
Ingeniero  
Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Director de Escuela de  
Ingeniería Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizú:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación titulado: "Diseño de instalaciones y sistema de refrigeración para el óptimo almacenaje en una empresa de productos cárnicos." realizado por la estudiante Diego Alberto Guillén Mayorga.

Tras las revisiones y modificaciones sugeridas por mi persona concluyo que se cumplen con los objetivos propuestos por el autor, por lo que está listo para su presentación y ser sometido a revisión por parte de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Atentamente



Ing. Jorge Luis Puertas Jerez  
No. De Colegiado 5763

**Ingeniero Jorge Luis Puertas Jerez**  
**Colegiado No. 5,763**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.040.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE INSTALACIONES Y SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL ÓPTIMO ALMACENAJE EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS CÁRNICOS**, presentado por el estudiante universitario **Diego Alberto Guillén Mayorga**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO ACTIVO No. 6.182

Ing. Erwin Danilo González Trejo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2011.

/mgp

**Escuelas:** Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. **Carreras:** Ingeniería Mecánica, Ingenierías Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. **Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física.** **Centros:** de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala, Centro América

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



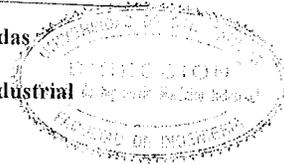
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

REF.DIR.EMI.057.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE INSTALACIONES Y SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL ÓPTIMO ALMACENAJE EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS CÁRNICOS**, presentado por el estudiante universitario **Diego Alberto Guillén Mayorga**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquiza Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2011.

/mgp

**Escuelas:** Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingenierías Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala, Centro América



DTG. 147.2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INSTALACIONES Y SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL ÓPTIMO ALMACENAJE EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS CÁRNICOS**, presentado por el estudiante universitario **Diego Alberto Guillén Mayorga**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 24 de mayo de 2011.

/gdech



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por siempre mostrarme el camino a seguir, dándome la valentía y el entendimiento necesario para culminar este ciclo de mi vida.
- Mis padres** Rolando Guillén y Blanca Celia de Guillén, por su amor, consejos y esfuerzos, que me han convertido en el hombre que soy.
- Mi hermana** Andrea Carolina Guillén, por su cariño y por estar siempre a mi lado.
- Mi amigo y asesor** Ingeniero Jorge Luis Puertas Jerez, por su valiosa colaboración en la asesoría de este trabajo y sabios consejos para mi vida profesional.
- Mi novia** Ana Cristina Lam, por su paciencia y apoyo en la realización del presente trabajo de graduación.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser la luz y fortaleza en mi vida.
<b>Mis padres</b>	Por su incondicional apoyo y cariño.
<b>Mis tíos</b>	Por sus consejos y apoyo.
<b>Mis primos</b>	Por todo el tiempo compartido y las experiencias vividas.
<b>Mis amigos</b>	Por ser una fuente de apoyo y cariño en mi vida.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES	
1.1. Historia de la empresa	1
1.1.1. Misión	1
1.1.2. Visión	1
1.1.3. Valores	2
1.2. Estructura organizacional	3
1.2.1. Por departamento	4
1.2.2. Área de cámaras	4
1.2.2.1. Descripción de puestos	5
1.2.3. Área de despachos	5
1.2.3.1. Descripción de puestos	5
1.3. Actividad comercial	6
1.3.1. Fuerza de ventas	6
1.3.2. Productos que se elaboran	6
1.3.2.1. Embutidos	7
1.3.2.2. Formados	7
1.4. Tipos de almacenaje	8
1.4.1. Almacenaje seco	8

1.4.2.	Almacenaje de materia prima	9
1.4.3.	Almacenaje productos en proceso	9
1.4.4.	Almacenaje producto en maduración	9
1.4.5.	Almacenaje producto terminado	10
1.5.	Logística de distribución	10
1.5.1.	Manejo materia prima	10
1.5.2.	Distribución de producto terminado	11
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	
2.1.	Capacidad instalada de almacenaje	13
2.1.1.	Bodegas frías	13
2.1.2.	Contenedores refrigerados	13
2.2.	Sistemas de planificación	14
2.2.1.	Proyección de la oferta	14
2.2.2.	<i>Stocks</i> mínimos	14
2.3.	Procesos de elaboración de productos cárnicos	15
2.3.1.	Proceso de elaboración de embutidos	15
2.3.1.1.	Mínimos de producción para optimizar capacidad instalada	18
2.3.2.	Proceso de elaboración de formados	18
2.3.2.1.	Mínimos de producción para optimizar capacidad instalada	23
2.4.	Instalaciones actuales donde se almacena el producto	23
2.4.1.	Complejo de bodegas A	24
2.4.1.1.	Localización industrial	24
2.4.1.2.	Capacidad	24
2.4.1.3.	Iluminación	24
2.4.1.4.	Ventilación	25
2.4.1.5.	Sistemas de refrigeración	25

2.4.2.	Complejo de bodegas B	25
2.4.2.1.	Localización industrial	25
2.4.2.2.	Capacidad	25
2.4.2.3.	Iluminación	26
2.4.2.4.	Ventilación	26
2.4.2.5.	Sistemas de refrigeración	26
2.4.3.	Bodegas en planta	27
2.4.3.1.	Localización industrial	27
2.4.3.2.	Capacidad	27
2.4.3.3.	Iluminación	27
2.4.3.4.	Ventilación	28
2.4.3.5.	Sistemas de refrigeración	28
2.5.	Requerimientos de las nuevas instalaciones	28
2.5.1.	Localización industrial	28
2.5.2.	Capacidad	28
2.5.3.	Iluminación	29
2.5.4.	Ventilación	29
2.5.5.	Sistemas de refrigeración	29
2.6.	Estudio de costos actuales	29
2.6.1.	Costo por alquiler	30
2.6.2.	Costo logístico	30
2.6.2.1.	Costo de transporte	30
2.6.2.2.	Costo de tiempos muertos	31
2.6.2.3.	Costo de oportunidad	31
3.	ASPECTOS IMPORTANTES PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN, PARA OPTIMIZAR EL ALMACENAJE	
3.1.	Diseño estructural de las instalaciones	33

3.1.1.	Loza de cimientos	33
3.1.2.	Diseño de zapatas	34
3.1.3.	Soleras hidrófugas	34
3.1.4.	Levantamiento de paredes	34
3.1.5.	Techo industrial	35
3.2.	Tipos de aislamiento	35
3.2.1.	Aislamiento térmico al vacío	37
3.2.2.	Materiales aislantes	38
3.3.	Principios de refrigeración	38
3.3.1.	Temperaturas	40
3.3.1.1.	Temperaturas requeridas	42
3.3.2.	Presiones	44
3.3.3.	Potencia	44
3.3.3.1.	Cargas térmicas del producto	45
3.3.3.2.	Infiltraciones	45
3.4.	Sistemas de refrigeración	46
3.4.1.	Sistemas de aire denso	46
3.4.2.	Sistemas de compresión	46
3.4.3.	Sistema de absorción	47
3.5.	Equipos de refrigeración	48
3.5.1.	Compresores	49
3.5.2.	Condensadores	51
3.5.3.	Evaporadores	51
3.5.4.	Tuberías	52
3.5.5.	Tanques de almacenamiento	52
3.5.6.	Recirculadores	53
3.5.7.	Sistema eléctrico y de control	53
3.6.	Descongelación	54
3.6.1.	Descongelación automática	54

3.6.2.	Descongelación eléctrica	55
3.6.3.	Descongelación ciclo inverso	55
3.6.4.	Descongelación con gas caliente	56
4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN LAS NUEVAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO	
4.1.	Condiciones del diseño	57
4.1.1.	Exteriores	57
4.1.2.	Interiores	58
4.2.	Cálculo de la carga de enfriamiento	58
4.3.	Capacidades de cámaras frigoríficas	61
4.3.1.	Cálculo de cargas de refrigeración	62
4.3.2.	Almacenaje de productos cárnicos	62
4.4.	Diseño	63
4.4.1.	Sistema de compresión	64
4.4.2.	Sistema de condensación	64
4.4.3.	Sistema de evaporación	64
4.4.4.	Sistema de tuberías	64
4.4.5.	Tanques de almacenamiento	65
4.4.6.	Recirculadores	65
4.4.7.	Sistema eléctrico y de control	66
4.4.8.	Desempeño del sistema de refrigeración	66
4.4.9.	Descongelación	66
4.5.	Evaluación de costos	67
4.5.1.	Costo obra civil	67
4.5.1.1.	Costo de loza de cimientos	67
4.5.1.2.	Costo de soleras hidrófugas	67
4.5.1.3.	Costo de levantamiento de paredes	68
4.5.1.4.	Costo de techo industrial	68

4.5.2.	Costo del sistema de refrigeración	69
4.5.2.1.	Panelería	69
4.5.2.2.	Sistema de compresión	69
4.5.2.3.	Sistema de condensación	69
4.5.2.4.	Sistema de evaporación	70
4.5.2.5.	Sistema de tuberías	70
4.5.2.6.	Aislamientos	70
4.5.2.7.	Tanques de almacenamiento	71
4.5.2.8.	Sistema eléctrico y de control	71
4.6.	Relación beneficio-costo	72
5.	CONSERVACIÓN Y MEJORA CONTINUA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
5.1.	Plan de mantenimiento preventivo	73
5.1.1.	Mantenimiento preventivo en las instalaciones físicas	74
5.1.2.	Mantenimiento preventivo del sistema de refrigeración	76
5.1.3.	Frecuencia	80
5.1.4.	Recursos	80
5.2.	Mantenimiento correctivo	80
5.2.1.	Mantenimiento correctivo en las instalaciones físicas	81
5.2.2.	Mantenimiento correctivo del sistema de refrigeración	81
5.2.3.	Planificación	82
5.2.4.	Recursos	82
5.3.	Fallas en el sistema	82
5.3.1.	Posibles fallas	82

5.3.2.	Medidas para erradicarlas	83
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
6.1.	Repercusiones ambientales en la construcción	85
6.1.1.	Contaminación por polvo	86
6.1.2.	Uso de mascarillas	87
6.1.3.	Pérdida de flora y fauna	87
6.1.4.	Delimitación de áreas verdes	88
6.2.	Repercusiones ambientales en operación de la bodega	89
6.2.1.	Manejo de productos cárnicos	89
6.2.2.	Trampas de grasa	90
6.2.3.	Planta de tratamientos de agua	90
6.2.4.	Emisiones atmosféricas	92
6.2.5.	Tratamiento del agua refrigerante	94
6.2.6.	Seguridad interna	95
6.2.7.	Rotulación	96
6.2.8.	Fugas de refrigerante	97
6.2.9.	Mantenimientos preventivos	98
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA	103



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa	3
2.	Organigrama del departamento	4
3.	Diagrama de flujo de proceso de embutidos	14
4.	Diagrama de proceso de formados	19
5.	Diseño estructural de las instalaciones	34
6.	Sistema de refrigeración	37
7.	Formato de mantenimiento preventivo instalaciones físicas	73
8.	Formato mantenimiento preventivo evaporador	75
9.	Formato mantenimiento preventivo compresor	76
10.	Formato mantenimiento preventivo condensador	77

### TABLAS

I.	Temperaturas de almacenaje para frutas y verduras	40
II.	Temperaturas de almacenaje para carnes y mariscos	41
III.	Descripciones de las cargas térmicas	58
IV.	Datos de las cargas térmicas	60
V.	Costo de loza de cimientos	65
VI.	Costo de soleras hidrófugas	65
VII.	Costo de levantamiento de paredes	66
VIII.	Costo de techo industrial	66
IX.	Costo del sistema de refrigeración panelería	67

X.	Sistema de compresión	67
XI.	Sistema de condensación	67
XII.	Sistema de evaporación	68
XIII.	Sistema de tuberías	68
XIV.	Aislamientos	68
XV.	Tanques de almacenamiento	69
XVI.	Sistema eléctrico y de control	69
XVII.	Relación beneficio-costos	70
XVIII.	Características del estudio de impacto ambiental	84
XIX.	Análisis de riesgo en la operación	93

## GLOSARIO

<b>Aislamiento térmico</b>	Capacidad de los materiales para oponerse al paso de calor por conducción.
<b><i>Batch</i></b>	Lote de producción.
<b>BTU</b>	Unidad de energía necesaria para elevar un grado Fahrenheit un litro de agua ( <i>British Thermal Unit</i> ).
<b>Cámara frigorífica</b>	Espacio físico en el cual se almacenan productos a una temperatura controlada menor de 10 °C, en su mayoría alimentos.
<b>Cargas térmicas</b>	Cantidad de energía a extraer dentro de un ambiente para lograr una temperatura deseada.
<b>Compresor</b>	Máquina de fluidos que aumenta la presión y hace desplazar un líquido o un gas llamado refrigerante.
<b>Condensador</b>	Elemento intercambiador de calor en el cual se pretende cambiar el estado de un fluido gaseoso a líquido, enfriado por medio de aire o agua.

<b>Embutido</b>	Operación por medio del cual se introduce la pasta (mezcla de ingredientes) dentro de la funda.
<b>Emulsionado</b>	Dispersión de un líquido en otro no miscible con él.
<b>Evaporador</b>	Intercambiador de calor que absorbe calor de un ambiente, por medio de la evaporación de un refrigerante.
<b>Film</b>	Material utilizado para el empaque de productos.
<b>Flekeado</b>	Procedimiento por medio del cual un bloque de carne congelado se convierte en hojuelas pequeñas de ésta.
<b>Funda</b>	Material sintético o natural en que se introduce producto para darle la forma del embutido que se desee.
<b>Incrustaciones</b>	Son depósitos minerales provocados por agua que se adhieren las paredes internas de las tuberías o intercambiadores de calor.
<b>MDM</b>	Carne de pollo congelada.

<b>Paneles para refrigeración</b>	Estructura prefabricada que contiene un aislante en medio de dos planchas protectoras, utilizados como paredes y techos en una cámara frigorífica.
<b>Refrigerante</b>	Producto químico que por sus propiedades termodinámicas se utiliza dentro de un sistema de refrigeración para la absorción de calor.
<b>Tonelada de refrigeración</b>	Cantidad de calor latente absorbida por una tonelada de hielo sólido puro en 24 horas, igual a 12 000 BTU's.



## RESUMEN

El estudio realizado a través del presente trabajo de graduación en una empresa de productos cárnicos, abarca el análisis de la situación actual y propuesta para la optimización en el almacenaje de materia prima cárnica, por medio del diseño de bodegas frías y su sistema de refrigeración. El análisis de la situación actual toma en cuenta la falta de capacidad instalada para el almacenaje y las medidas que se deben tomar para solucionar ese problema. El estudio de una nueva alternativa para almacenar la materia prima cárnica, pretende eliminar problemas que han surgido por la descentralización en el almacenaje de la misma.

El análisis de la situación actual que se llevó a cabo, consistió en determinar la logística y el manejo de la materia prima, diseño y capacidad de las bodegas frías actuales y los costos en los que se incurre por el actual método de almacenaje. Se determinó que la Empresa incurre en gastos de alquiler de cámaras frigoríficas, localizadas fuera de las instalaciones de la planta productora, para ampliar su capacidad de almacenaje. Estos alquileres generan una serie importante de costos, lo que encarece la operación.

La propuesta consiste en el diseño de bodegas frías dentro de la planta de producción, tomando en cuenta la demanda total de almacenaje actual. El trabajo de graduación plantea el diseño de dos cámaras frigoríficas y su sistema de refrigeración, cada una manejando una temperatura distinta. Estas cámaras permitirán el óptimo almacenaje de toda la materia prima necesaria, para cubrir la producción, evitando la necesidad de alquilar bodegas externas.

Para el presente trabajo de graduación se considera el costo de construcción de las cámaras frigoríficas, lo que involucra la obra civil, panelería y equipo de refrigeración. Asimismo, se tomó en cuenta el mantenimiento del equipo de refrigeración y el impacto ambiental que las nuevas bodegas frías podrían causar, así como sus medidas de mitigación.

Finalmente, se realizó un estudio de costo-beneficio, incluyendo los costos de alquiler y logísticos, para establecer si el proyecto es financieramente viable.

# **OBJETIVOS**

## **GENERAL**

Proponer un diseño de instalaciones y sistema de refrigeración para el almacenaje óptimo, en una empresa de productos cárnicos.

## **ESPECÍFICOS**

1. Identificar las oportunidades de mejora en el actual sistema logístico de almacenaje de la empresa.
2. Analizar las capacidades y recursos nominales del área de bodegas frías.
3. Evaluar los costos de almacenaje actuales para determinar el posible ahorro que se obtendrá al implementar el sistema de refrigeración, para las nuevas bodegas frías.
4. Efectuar una comparación y análisis de los diferentes equipos de refrigeración existentes, para bodegas frías.
5. Diseñar las instalaciones de bodegas frías y equipos de refrigeración que mejor se adapten a las necesidades de la empresa.
6. Elaborar un plan de mejora continua por medio de mantenimientos preventivos, para el desempeño óptimo del sistema de refrigeración.

7. Evaluar los aspectos ambientales derivados de los sistemas de refrigeración y plantear medidas de mitigación.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de productos cárnicos se remonta muy atrás en la historia, en la época de la prehistoria, la carne se cortaba en tiras finas y se secaba exponiéndola al sol; luego apareció la sal en el 3000 a.C. que se empezó a utilizar como preservante natural, la cual secaba en menos tiempo los productos frescos evitando su descomposición.

Estas técnicas empezaron a desaparecer con el descubrimiento de la máquina de refrigeración en el siglo IX; esta máquina permite mantener un ambiente controlado a una temperatura constante, lo que se traduce en la extensión del tiempo de vida de los productos cárnicos.

Debido a la tradición de consumo de los productos cárnicos y sus derivados, como son los embutidos, y a la facilidad actual para mantener dichos productos frescos, la demanda en el siglo pasado y en éste ha sufrido un incremento considerable, lo que fue aprovechado por la industria, empezando así a producirse en cantidades industriales. Al aumentar las cantidades producidas, se incrementa el espacio necesario para el almacenaje de los productos, lo que se traduce en un costo considerable que se puede optimizar mediante la elección de una alternativa adecuada.

Ante la necesidad del espacio, actualmente han surgido complejos de bodegas, los que brindan un servicio de alquiler, lo que resulta muy conveniente para las empresas que no cuentan con el espacio necesario para el almacenaje de sus productos. Las desventajas de esta opción son: muchas veces se localizan en lugares alejados a las empresas; los precios son cada vez más

elevados; y es muy complicado llevar un control de inventarios, hacer traslados y disponer de los productos en caso de necesitarlos en un corto período de tiempo.

Mediante el presente trabajo se pretende diseñar bodegas frías y su sistema de refrigeración, que se adecuen a las necesidades de una empresa de productos cárnicos, favoreciendo por este medio la optimización en las áreas de producción, logística y administrativas, facilitando el acceso a la materia prima y la localización de todo el producto en un solo lugar, lo cual facilita los inventarios físicos y mejora el control sobre los costos. El diseño se llevará a cabo tomando en cuenta la demanda actual y haciendo una proyección a futuro para que el trabajo de graduación tenga una vida útil de por lo menos cinco años a partir de su finalización.

# **1. ANTECEDENTES**

## **1.1. Historia de la empresa**

Empacadora Toledo S.A., inició sus operaciones en 1972 con la idea de formar una empacadora de carnes proyectada a satisfacer la demanda local e internacional. En septiembre de ese año fueron induradas las instalaciones ubicadas en Calzada Aguilar Batres, municipio de Villa Nueva, dando principio a una nueva fuente de trabajo orgullosamente guatemalteca.

### **1.1.1. Misión**

Somos la división industrial pecuaria de la Corporación Multi-inversiones, que con sinergia y vivencia de nuestros valores, opera con efectividad para la satisfacción de quienes pertenecemos a ella, de nuestros inversionistas y nuestros clientes.

### **1.1.2. Visión**

Conseguir la sinergia de todas nuestras operaciones para consolidarnos y mantenernos como la división industrial pecuaria más grande y rentable en el mercado Mesoamericano y del Caribe.

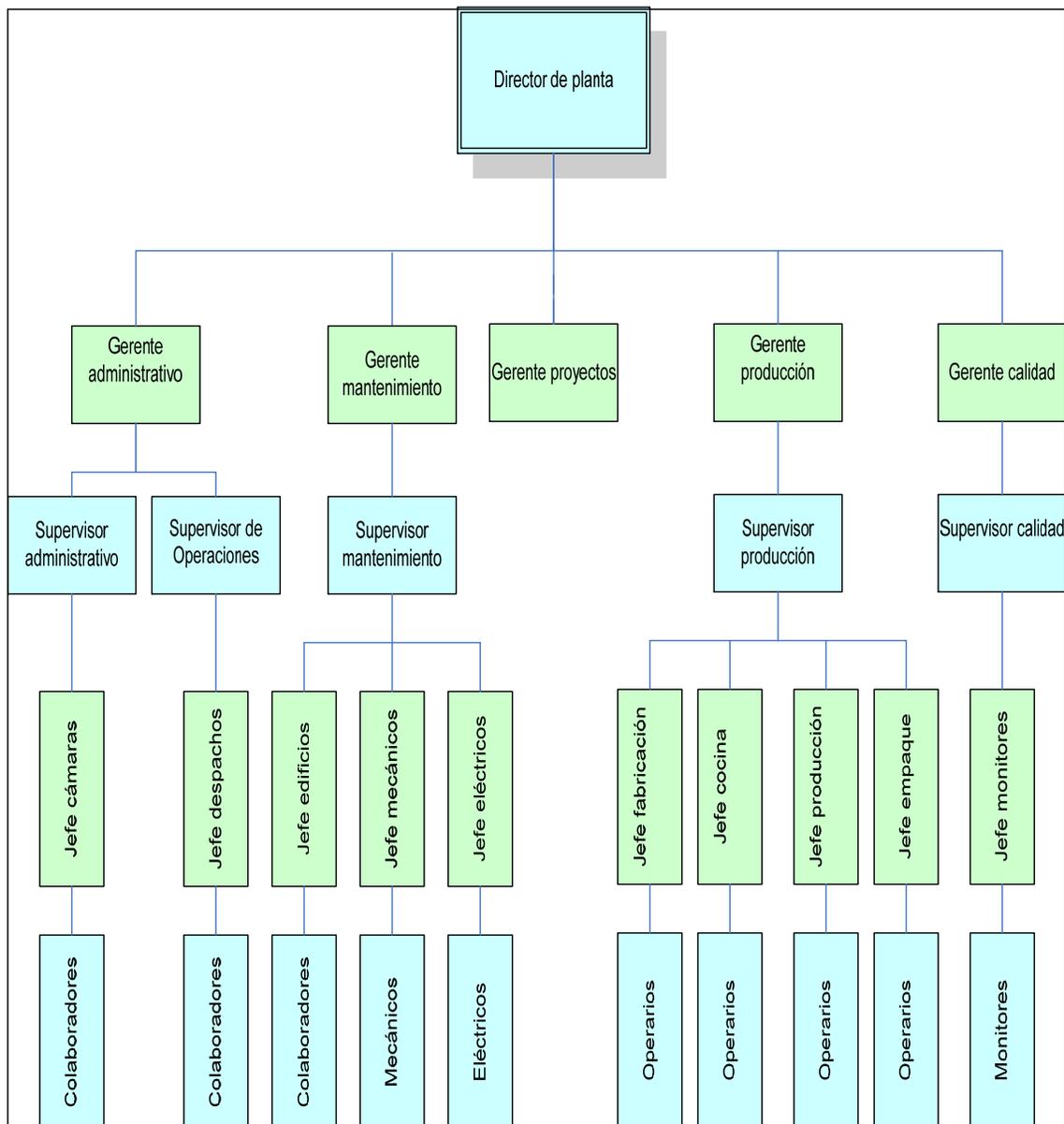
### **1.1.3. Valores**

- Humildad, conocemos y aceptamos nuestras debilidades y fortalezas, aceptamos nuestras autoridades y servimos a los demás.
- Liderazgo, orientamos a los demás en lo que queremos hacer y lo hacemos juntos, somos siempre los mejores.
- Efectividad, siempre buscamos hacer las cosas de la mejor manera y a tiempo.
- Creatividad, creamos e innovamos productos y procesos exitosos.
- Compromiso, actuamos siempre de la mejor manera para lograr nuestros objetivos y los de la empresa.
- Integridad, actuamos con rectitud y cumplimos de forma correcta lo que prometemos.
- Lealtad, somos fieles a nuestras relaciones con las personas de la empresa y los objetivos de la misma.
- Responsabilidad social, contribuimos con nuestra sociedad para su cuidado, crecimiento y desarrollo.
- Ética, cumplimos respetamos y vivimos nuestros valores.

## 1.2. Estructura organizacional

A continuación se presenta la estructura organizacional de la empresa.

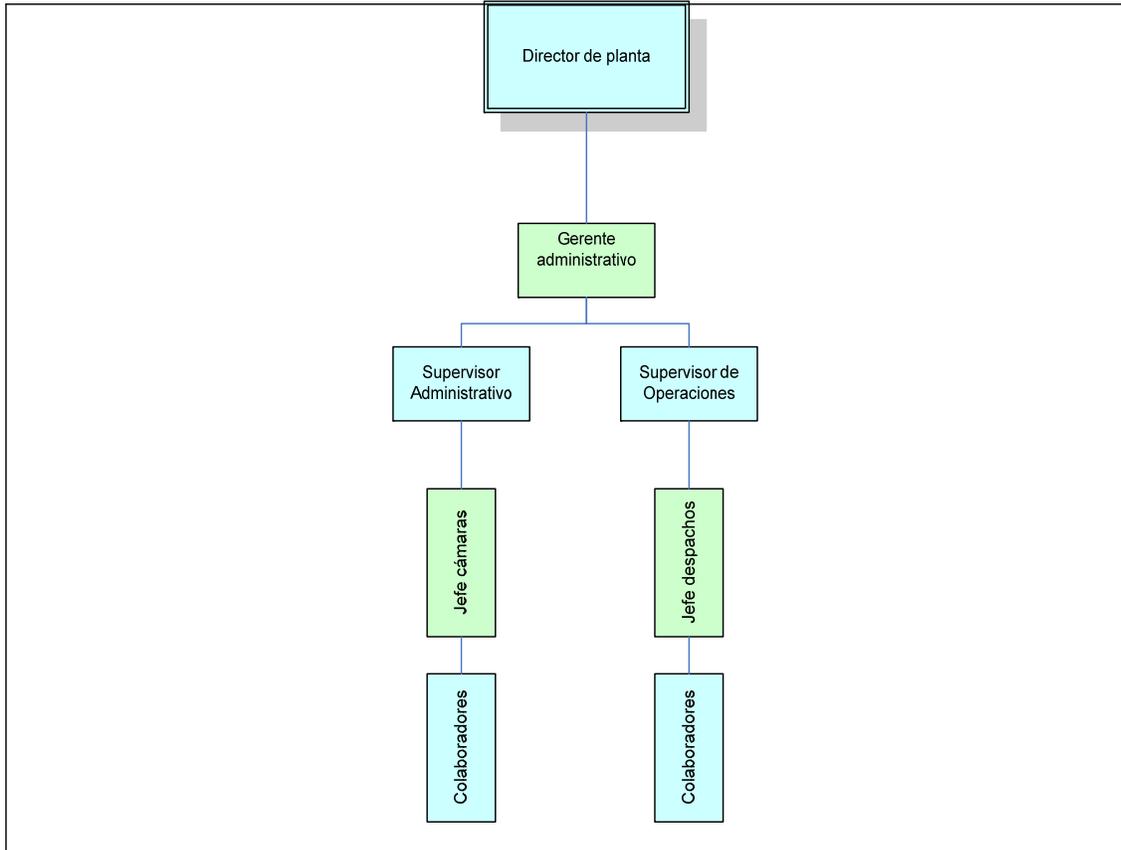
Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia

### 1.2.1. Por departamento

Figura 2. Organigrama del departamento



Fuente: elaboración propia

### 1.2.2. Área de cámaras

Es el departamento encargado de administrar todas las materias primas cárnicas, esto incluye recepción de productos, orden y rotación de producto e inventarios. Proveyendo al Departamento de Producción de lo necesario para producir.

### **1.2.2.1. Descripción de puestos**

Gerente Administrativo: tiene a su cargo lo que son procesos administrativos, tales como bodega de materia prima cárnica, bodega seca, bodegas de producto terminado, transporte y logística, facturación nacional e internacional,

Supervisor Administrativo: está bajo su responsabilidad el manejo de los inventarios de materias primas cárnicas y condimentos para abastecer el área de producción. Esto incluye pedidos y medición de los niveles de inventarios.

Jefe de grupo Cámaras: es el encargado de llevar los inventarios físicos de las carnes, verificar la entrega a tiempo y exacta de los requerimientos de producción, asimismo organizar al grupo de colaboradores dentro del área.

### **1.2.3. Área de despachos**

Es el departamento que se encarga de recibir el producto terminado que entrega el departamento de producción. Verificar el orden y la rotación del producto y lleva control sobre los niveles de inventarios. Este departamento también tiene a cargo la tarea de la carga del producto terminado, realizar envíos y verificar que los despachos se hagan acorde a los pedidos.

#### **1.2.3.1. Descripción de puestos**

Supervisor de operaciones: es el encargado de los inventarios en las cámaras de producto terminado, verificando que se cumpla el modelo de inventario PEPS. Además, asigna y coordina el transporte de productos terminados y de materia prima.

Jefe de grupo despachos: tiene bajo su responsabilidad la carga física de los productos, los inventarios físicos dentro de las cámaras de producto terminado, la preparación de la documentación de los envíos y la asignación de las diferentes tareas a los colaboradores dentro del departamento.

### **1.3. Actividad comercial**

La empresa se dedica a la producción y comercialización de productos cárnicos, específicamente embutidos y formados. Teniendo presencia a nivel nacional e internacional, en países como Honduras, El Salvador y Costa Rica.

#### **1.3.1. Fuerza de ventas**

La fuerza de ventas se concentra en las ventas populares y de supermercado. Es un producto de consumo diario, por lo tanto se debe facilitar la adquisición del mismo, poniéndolo a disposición del cliente en comercios accesibles, tales como tiendas de conveniencia, abarroterías de barrio, supermercados etc.

Teniendo una distribución a nivel nacional se llega a los mercados del interior, los cuales representan un porcentaje significativo dentro de las ventas totales.

La logística de las ventas se divide por áreas, las cuales cuentan con un Supervisor de región y sus respectivos vendedores, asignados por zona.

### **1.3.2. Productos que se elaboran**

Dentro de la empresa se elaboran una gama de productos varios, todos hechos a base de carnes. Las carnes utilizadas como materia prima para la elaboración de productos, son la carne de pollo, carne de res y carne de cerdo. Las líneas de producción se dividen en dos grupos: embutidos y formados.

Los nombres de los grupos obedecen a sus procesos productivos, ya que los embutidos son todos aquellos productos cárnicos que para obtener su forma se embuten dentro de una funda de colágeno de origen animal. Los formados por su parte, llevan un proceso donde se les da una forma con moldes.

#### **1.3.2.1. Embutidos**

Se le llama “embutidos”, a todos aquellos productos alimenticios, hechos a base de carne; generalmente picada o molida, condimentada con hierbas y diferentes especias. Luego es introducida o embutida dentro de una funda, antiguamente se utilizaba tripa de cerdo como funda, en la actualidad a nivel industrial se utilizan fundas de colágeno de origen animal. Los ejemplos más comunes de embutidos son: salchichas, jamones y salamis.

#### **1.3.2.2. Formados**

Llamados así debido a que dentro de su proceso productivo se les da forma por medio de un molde. Los formados están hechos a base de una mezcla de carne de pollo, proteína y condimentos, a esta mezcla se le da la forma deseada en una máquina activada por fuerza neumática. Algunos de los productos formados son: medallones, tortas de pollo y pechuguitas.

## **1.4. Tipos de almacenaje**

Actualmente, se puede encontrar diferentes tipos de almacenaje, este dependerá del tipo de producto del que se trate. Se tienen almacenes secos donde se encuentran productos que no requieren condiciones específicas de temperatura, aunque se deben de tomar otros aspectos en cuenta, como la iluminación, ventilación, estanterías para el orden, etc. Todos estos aspectos ayudan a mantener condiciones ambientales aptas para el manejo y control de los productos. Otro tipo de almacenaje es el almacenaje refrigerado, el cual se utiliza para todo producto perecedero que necesite control sobre su temperatura, esto para evitar su deterioro y asegurar que la calidad del producto no se vea afectada. Dentro de la empresa se puede encontrar ambos tipos de almacenaje, ya que los productos tienen materia prima cárnica y materias primas indirectas que no necesitan estar refrigeradas, o incluso que perderían características importantes al estar expuestos a un ambiente con bajas temperaturas.

### **1.4.1. Almacenaje seco**

Se cuenta con una bodega de almacenaje seco cuya área es de 746 metros cuadrados, en ella se almacenan materiales de empaque, condimentos, fundas, cajas y otros materiales esenciales para la operación de la planta. El modelo de inventario que se utiliza es el PEPS, ya que muchos de los productos que se almacenan son preceaderos. Se cuenta además con estanterías para aprovechamiento del espacio.

#### **1.4.2. Almacenaje de materia prima**

Para el almacenaje de materia prima se dispone de una bodega refrigerada con una capacidad para 900 000 lb. de producto cárnico, almacenado a -18 °C. Debido a la gran demanda de producto que se tiene, ya que la capacidad instalada no es suficiente, se alquilan dos bodegas refrigeradas, en cada una de éstas se almacenan 250 000 lb. de producto.

#### **1.4.3. Almacenaje productos en proceso**

Para la producción de embutidos es necesaria la etapa de descanso en las carnes, esto quiere decir que se sumergen en una solución salina donde el producto se suaviza y adquiere las condiciones ideales para su cocción. Para este proceso se cuenta con una cámara de producto en procesos que se mantiene a una temperatura controlada de 0 a 4 °C. Tiene una capacidad instalada para 50 000 lb. de producto, utilizándola únicamente para 35 000 lb. diarias, esto quiere decir que se tiene una holgura de almacenaje del 30%.

#### **1.4.4. Almacenaje producto en maduración**

Dentro de los productos embutidos, hay algunos que obtienen sus características finales por medio de un proceso llamado maduración. Esto se logra por medio de una técnica de secado en una cámara especial donde se elimina la humedad aumentando la temperatura hasta los 15 °C. En esta cámara el producto permanece colgado en varillas de acero inoxidable durante tres días. Dicha cámara tiene una capacidad para secar 2 200 lb. cada ciclo.

#### **1.4.5. Almacenaje producto terminado**

Para el almacenaje de producto terminado se cuentan con dos cámaras, una para almacenar el producto terminado de formados y la otra para el producto terminado de embutidos. Se manejan de manera independiente debido a que el producto de formados se debe almacenar a una temperatura de -18 °C, mientras que el producto de embutidos se almacena a 5 °C. Dentro de la cámara de formados se almacenan un promedio de 75 000 lb. de producto, siendo su capacidad nominal de 80 000 lbs. En la cámara de embutidos se almacenan un promedio de 265 000 lb., teniendo una capacidad nominal de 300 000 lb.

#### **1.5. Logística de distribución**

La logística de distribución es necesaria para optimizar los inventarios de productos terminados y materias primas, optimizando a su vez el uso eficiente de los recursos involucrados en su transporte.

##### **1.5.1. Manejo materia prima**

Debido a que la capacidad instalada de almacenaje para materia prima no es suficiente, la compra y distribución de la materia prima nacional y extranjera debe planificarse adecuadamente, de esta forma se determina si se debe almacenar en planta o en las bodegas externas, ya que si la materia prima es de carácter urgente o continuo, debe de almacenarse en la bodega dentro de la planta. Si se tiene planificado utilizar la materia prima en las próximas semanas, puede destinarse a las bodegas externas para luego ser trasladada a la planta.

Este sistema implica una serie de costos adicionales en los que se incurre por manejar inventarios de materias primas divididos en varios centros de almacenaje.

### **1.5.2. Distribución de producto terminado**

La distribución de producto terminado depende de los pedidos previamente realizados por los clientes. El transporte se asigna acorde a la cantidad de producto a transportar, para optimizar el costo por libra transportada.



## **2. DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

### **2.1. Capacidad instalada de almacenaje**

En la actualidad se cuenta con una cámara frigorífica para el almacenaje de materia prima y tres cámaras frigoríficas para producto terminado. Debido a que en ciertos períodos las cámaras llegan a su capacidad máxima de almacenamiento, se cuenta con tres contenedores refrigerados para utilizarlos como cámaras de almacenaje.

#### **2.1.1. Bodegas frías**

Para el almacenaje de materia prima se dispone de una bodega refrigerada con una capacidad para 900 000 lb. de producto cárnico, almacenado a -18 °C. Debido a la gran demanda de producto que se tiene, y a que la capacidad instalada no es suficiente, se alquilan dos bodegas refrigeradas; en cada una de estas se almacenan 250 000 lb. de producto. Esto nos permite una capacidad nominal total de 1 400 000 lb para almacenar materia prima cárnica.

#### **2.1.2. Contenedores refrigerados**

Los contenedores refrigerados suplen la necesidad de almacenaje cuando se alcanza la capacidad nominal de almacenaje dentro de las cámaras. Estos contenedores ofrecen una capacidad de almacenaje nominal de 42 000 lb cada uno, lo que se traduce en 126 000 lb de almacenaje. Estos contenedores se

utilizan la mayor parte del tiempo porque constantemente la capacidad nominal es alcanzada o sobrepasada.

## **2.2. Sistemas de planificación**

El sistema de planificación utilizado dentro de la empresa es para un modelo de producción continua, ya que se producen grandes volúmenes de producto. La planificación se basa en los pedidos de los clientes, con base en estos se programa la producción y se hace el cálculo de insumos necesarios para cubrir la demanda.

### **2.2.1. Proyección de la oferta**

La proyección de la oferta se recibe por parte de los clientes, quienes hacen sus estimados de venta. Con base en los pedidos del cliente se planifican tanto la producción como la compra de insumos.

### **2.2.2. Stocks mínimos**

Los *stocks* mínimos en lo que a material de empaque e insumos cárnicos se refieren, se calculan basados en históricos de los pedidos hechos por los clientes. Los inventarios de las materias primas cárnicas se basan en un modelo de inventario “justo a tiempo”, debido al corto tiempo de vida de dichos productos.

## **2.3. Procesos de elaboración productos cárnicos**

### **2.3.1. Proceso de elaboración de embutidos**

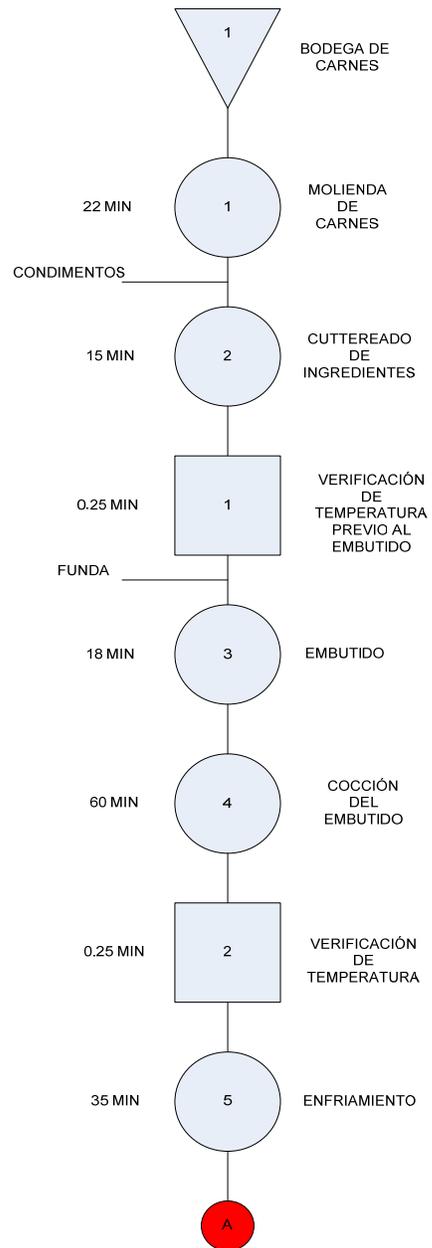
El proceso de producción de los embutidos inicia con la molienda, se muelen todas las carnes en molinos de carne. La carne molida luego es procesada en un *cutter* donde se le deben agregar los condimentos y procesar la carne hasta obtener una pasta uniforme.

El siguiente paso es embutir la pasta dentro de la funda, para embutir la pasta ésta deberá estar a una temperatura de entre 3 a 5 °C. Una vez el producto esté embutido, se coloca dentro de hornos o en pilas de cocción, dependiendo de la clase de producto; para que el producto pueda considerarse cocido debe alcanzar una temperatura interna de 72 °C. Ya cocinado el producto se traslada a baños de agua fría o hacia las piletas de enfriado, la temperatura del producto deberá descender hasta los 4 °C, para luego ser trasladado hacia la cámara de empaque, en donde se empaca al vacío en las máquinas MULTIVAC 530 y 5200, aquí se le coloca la respectiva fecha de vencimiento y número de lote.

Figura 3. Diagrama de flujo de proceso de embutidos

Diagrama de: Producción de embutidos.  
Realizado por: Diego Alberto Guillén Mayorga.  
Empresa: La Empresa.

Método: Actual.  
Diagrama: No. 1.  
Página: 1 de 3

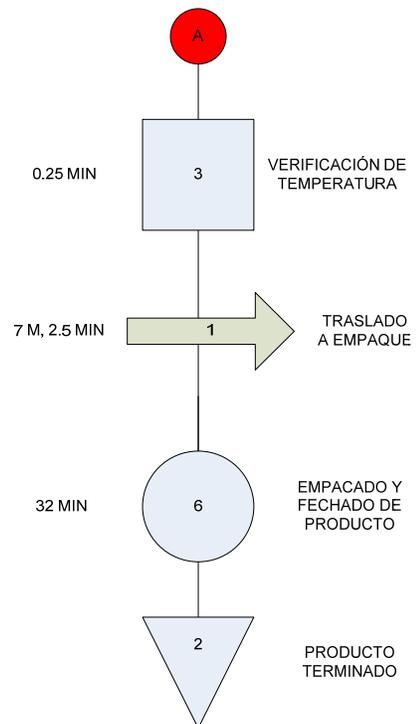


Continúa figura 3

### Diagrama de flujo de proceso de embutidos

Diagrama de: Producción de embutidos.  
Realizado por: Diego Alberto Guillén Mayorga.  
Empresa: La Empresa.

Método: Actual.  
Diagrama: No. 1.  
Página: 2 de 3

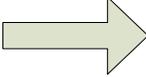


Continúa figura 3

### Diagrama de flujo de proceso de embutidos

Diagrama de: Producción de embutidos.  
Realizado por: Diego Alberto Guillén Mayorga.  
Empresa: La Empresa.

Método: Actual.  
Diagrama: No. 1.  
Página: 3 de 3

RESUMEN		
ACTIVIDAD	Cantidad	Tiempo
	6	182 min
	2	
	3	0.75 min
	1	2.50 min
TOTALES	12	185.25 min

#### 2.3.1.1. Mínimos de producción para optimizar capacidad instalada

Para optimizar la capacidad instalada se les solicita a los clientes que hagan pedidos por múltiplos de *batch*, esto optimiza los equipos ya que trabajan en su capacidad máxima y se reduce el desperdicio durante la producción. Otra forma de optimizar la capacidad instalada es utilizando los recursos de la mejor forma durante un tiempo determinado para justificar el turno de trabajo. La producción normal por hora es de 3 600 libras, debido al ritmo de producción, por lo tanto, se necesita producir un mínimo de 28 800 libras de producto

terminado en un turno de ocho horas para alcanzar el punto de equilibrio en un día típico.

### **2.3.2. Proceso de elaboración de formados**

Se inicia con el proceso de corte en la sierra de cinta de las carnes congeladas y extensores en bloques pequeños, para facilitar la molienda. Se muele el recorte de pechuga, emulsión y piel. Se pesan carnes y extensores, previo al proceso de mezclado. Se deben seguir los siguientes pasos para el proceso de mezclado: agregar la materia prima cárnica molida, agregar emulsión molida, agregar condimentos y mezclar durante cinco minutos.

Depositar la pasta en *bugies*, los mismos deben taparse e identificarse con el número de *batch*.

Para empezar con el proceso de formado se debe colocar el molde acorde al producto que se está produciendo, luego se agrega la mezcla en la formadora. La mezcla debe estar en un rango de  $-2.5$  a  $-3$  °C. para un correcto proceso de formado. Una vez que se le ha dado forma al producto continúa a la etapa de baterizado, en donde el producto se expone a un baño de *batter*. Controlando el soplador para obtener una cobertura adecuada y cumplir con el *pick up* esperado del producto. Una vez el producto se encuentra cubierto en *batter*, sigue la etapa del empanizado, la cual tiene como función proporcionar la cobertura al formado, siempre controlando la cantidad de empanizado para cumplir con el diseño del producto.

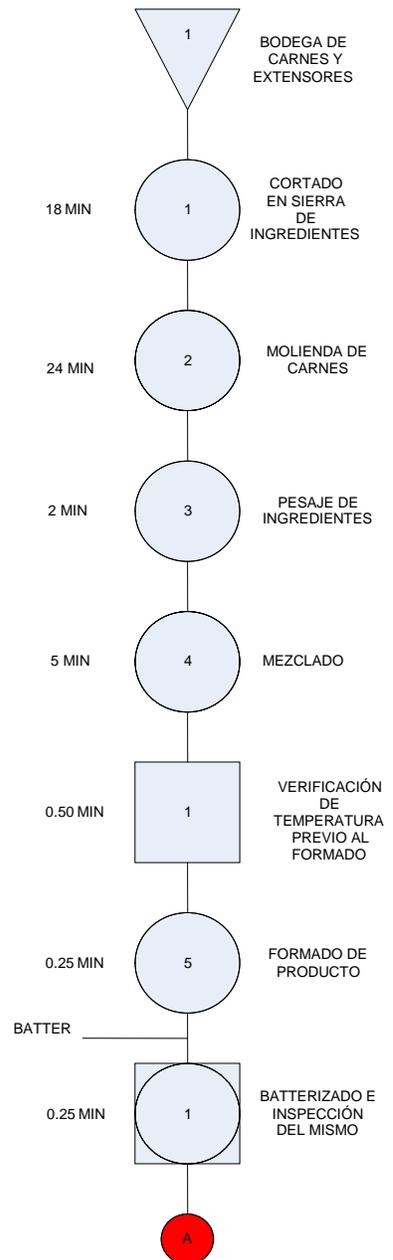
Los formados deben freírse en aceite vegetal a una temperatura de entre  $160$  y  $180$  °C, con un tiempo de permanencia promedio de 30 segundos. Luego de la fritura sigue el horneado. Para cocinar los formados deben ser horneados

a una temperatura de 150 °C con un tiempo de permanencia de 5 minutos. De manera que el producto alcance una temperatura interna mínima de 72 °C a la salida del horno. Una vez cocinado en su totalidad se debe congelar durante (30-40) minutos, esto se logra por medio de un túnel de congelado (IQF), que ayuda a que la temperatura del producto en la salida del sea de -18 °C. Una vez congelado se debe empacar el producto según la presentación correspondiente para luego colocar en el empaque primario o secundario la fecha de producción, vencimiento y el número de lote. Cuando el producto se encuentra empacado debe pasar a través del detector de metales para descartar contaminación por metales, para luego ser entregado a bodega de producto terminado.

Figura 4. Diagrama de flujo de proceso de formados

Diagrama de: Producción de formados.  
Realizado por: Diego Alberto Guillén Mayorga.  
Empresa: La Empresa.

Método: Actual.  
Diagrama: No. 2.  
Página: 1 de 4

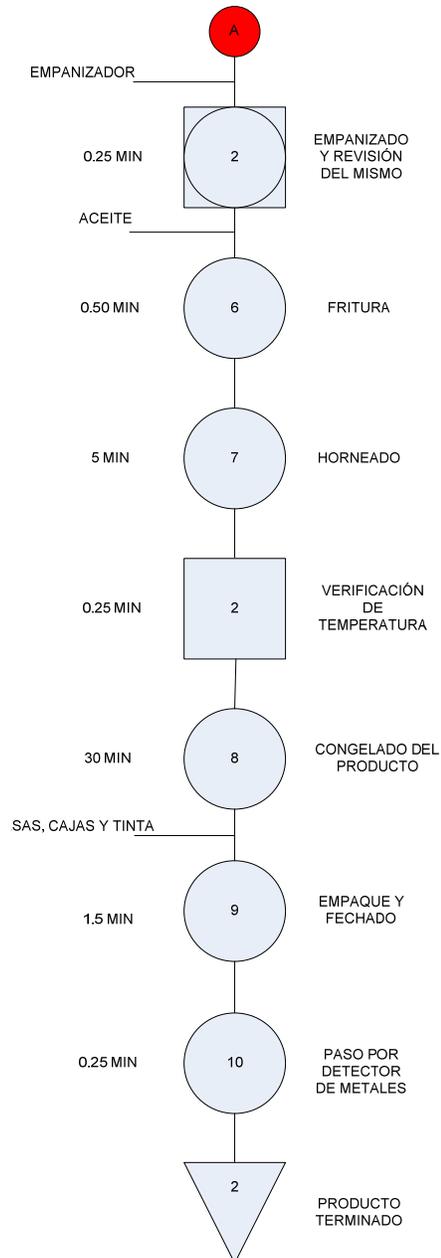


Continúa figura 4

### Diagrama de flujo de proceso de formados

Diagrama de: Producción de formados.  
Realizado por: Diego Alberto Guillén Mayorga.  
Empresa: La Empresa.

Método: Actual.  
Diagrama: No. 2.  
Página: 3 de 4



Continúa figura 4

### Diagrama de flujo de proceso de formados

Diagrama de: Producción de formados.  
Realizado por: Diego Alberto Guillén Mayorga.  
Empresa: La Empresa.

Método: Actual.  
Diagrama: No. 2.  
Página: 4 de 4

RESUMEN		
ACTIVIDAD	Cantidad	Tiempo
	10	86.5 min
	2	
	2	0.75 min
	2	0.50 min
TOTALES	16	87.75 min

#### 2.3.2.1. Mínimos de producción para optimizar capacidad instalada

Para optimizar la producción en el área de formados es necesario producir 1 650 libras por hora de trabajo. Lo que significa que en un turno de 8 horas es necesario producir 13 200 libras de producto terminado para alcanzar el punto de equilibrio, en este caso, el costo por libra producida es aceptable para la rentabilidad del producto.

## **2.4. Instalaciones actuales donde se almacena el producto**

En la actualidad se cuenta con tres diferentes bodegas para almacenar materia prima, dos de estas se encuentran dentro de complejos de bodegas en alquiler y una bodega dentro de las instalaciones de la Planta Procesadora.

### **2.4.1. Complejo de bodegas A**

#### **2.4.1.1. Localización industrial**

Uno de los complejos de bodegas que le prestan servicio de alquiler a la empresa se encuentra en el km 20 carretera hacia al Pacífico, Villa Nueva Guatemala. Debido a que dentro de la municipalidad de Villa Nueva no existe un manual para la localización industrial, ésta se definió por los accesos y espacio para su operación.

#### **2.4.1.2. Capacidad**

Esta bodega tiene una capacidad nominal de 12 000 000 de libras y cuenta con un volumen de 30 000 metros cúbicos.

#### **2.4.1.3. Iluminación**

Se utilizan dentro de las bodegas lámparas de mercurio; se trata de lámparas que rinden más de 2 500 horas de uso, se recomiendan en este tipo de ambiente, ya que irradia poco calor, lo cual reduce fuentes de calor que afecten la temperatura interna de las cámaras, el período de mantenimiento es muy largo, lo que permite colocarlas en lugares poco accesibles.

#### **2.4.1.4. Ventilación**

La ventilación dentro de las cámaras frías difiere del tipo de ventilación que se necesitan en las edificaciones. En las áreas cerradas se necesita de la ventilación, para cambiar el aire dentro de la habitación o lugar de trabajo para mantener los niveles de oxígeno aceptables y un aire limpio. En cámaras frías la ventilación aparte de proveer oxígeno, también provee el medio por el cual se enfría el ambiente. Al hacer circular aire frío se logra el descenso de la temperatura al mismo tiempo que se expulsa el aire caliente. Esta ventilación se logra gracias a 12 ventiladores que en conjunto otorgan un total de 93 600 m<sup>3</sup>/h.

#### **2.4.1.5. Sistemas de refrigeración**

El sistema de refrigeración está compuesto por seis compresores de tornillo, cada uno con una capacidad nominal de 32 Hp, con una capacidad para desplazar un volumen de 118 m<sup>3</sup>/h. El sistema también está compuesto por dos condensadores y cinco evaporadores, este equipo tiene la capacidad de alcanzar una temperatura de -20 °C, ideal para el almacenaje de carnes congeladas.

### **2.4.2. Complejo de bodegas B**

#### **2.4.2.1. Localización industrial**

El complejo de bodegas “B” se encuentra ubicado en la 16 avenida 3-41 zona 4 Villa Nueva, Guatemala. Debido a que dentro de la municipalidad de Villa Nueva no existe un manual para la localización industrial, esta se definió por la disponibilidad de espacio para su operación.

#### **2.4.2.2. Capacidad**

Esta bodega tiene una capacidad nominal de 12 000 000 de libras, y cuenta con un volumen de 30 000 metros cúbicos.

#### **2.4.2.3. Iluminación**

Se utiliza dentro de las bodegas lámparas de mercurio; se trata de lámparas que rinden más de 2 500 horas de uso, se recomiendan en este tipo de ambiente, ya que irradia poco calor, lo cual reduce fuentes de calor que afecten la temperatura interna de las cámaras, el período de mantenimiento es muy largo, lo que permite colocarlas en lugares poco accesibles.

#### **2.4.2.4. Ventilación**

La ventilación dentro de las cámaras frías difiere del tipo de ventilación que se necesitan en las edificaciones. En las áreas cerradas se necesita de la ventilación para cambiar el aire dentro de la habitación o lugar de trabajo para mantener los niveles de oxígeno aceptables y un aire limpio. En cámaras frías la ventilación aparte de proveer oxígeno, también provee el medio por el cual se enfría el ambiente. Al hacer circular aire frío se logra el descenso de la temperatura al mismo tiempo que se expulsa el aire caliente. Esta ventilación se logra gracias a 10 ventiladores que en conjunto desplazan un volumen de 93 600 m<sup>3</sup>/h.

#### **2.4.2.5. Sistemas de refrigeración**

El sistema de refrigeración está compuesto por seis compresores de tornillo, cada uno con una capacidad nominal de 32 Hp con una capacidad para

desplazar un volumen de 118 m<sup>3</sup>/h. El sistema también está compuesto por dos condensadores y cinco evaporadores, este equipo trabaja con refrigerante freón y tiene la capacidad de alcanzar una temperatura de -20 °C, ideal para el almacenaje de carnes congeladas.

### **2.4.3. Bodegas en planta**

#### **2.4.3.1. Localización industrial**

Las bodegas en planta se encuentran en el Barrio Ingenio Amatitlan, Guatemala. Debido a que la municipalidad de Amatitlan no cuenta con un reglamento que regule la ubicación de las industrias dentro del municipio, se tomó en cuenta la actual ubicación debido a que ya se contaba con el espacio físico.

#### **2.4.3.2. Capacidad**

Las bodegas en planta tienen una capacidad nominal de 1 000 000 de libras y cuenta con un volumen de 2 835 metros cúbicos.

#### **2.4.3.3. Iluminación**

El tipo de lámpara utilizada dentro de la bodega en las instalaciones de la Empresa es de Haluro Metálico, este tipo es altamente eficiente, ya que proporciona una gran cantidad de lúmenes por vatio. Otra de las ventajas en el uso de este tipo de lámpara es al amplio espectro de colores que permite visualizar. Tienen un tiempo de vida útil de aproximadamente 20 000 horas de uso, lo que permite un período de mantenimiento largo.

#### **2.4.3.4. Ventilación**

El sistema de ventilación de las cámaras frías en la Empresa está conformado por cuatro evaporadores, que cuentan con cuatro ventiladores cada uno haciendo un total de 16 ventiladores, los cuales desplazan un volumen de 31 100 m<sup>3</sup>/h.

#### **2.4.3.5. Sistemas de refrigeración**

El sistema de refrigeración opera con un compresor de tornillo de aproximadamente 80 hp con una capacidad para desplazar un volumen de 40m<sup>3</sup>/h, cuatro evaporadores y un condensador. Este sistema utiliza como refrigerante el amoniaco (NH<sub>3</sub>). El sistema tiene una capacidad de llevar la cámara hasta una temperatura de -18 °C.

### **2.5. Requerimientos de las nuevas instalaciones**

#### **2.5.1. Localización industrial**

Las nuevas bodegas serán construidas en Amatitlan, en un terreno contiguo a las instalaciones ya existentes, Barrio Ingenio Amatitlan, Guatemala. Debido a que la municipalidad de Amatitlan no cuenta con un reglamento que regule la ubicación de las industrias dentro del municipio, se tomó en cuenta esta ubicación debido a que ya se cuenta con el espacio físico.

#### **2.5.2. Capacidad**

Las nuevas bodegas frigoríficas en planta deben de tener una capacidad nominal de 2 430 000 de libras y cuenta con un volumen de 6 364 metros cúbicos.

### **2.5.3. Iluminación**

El tipo de lámpara utilizada dentro de las nuevas bodegas en las instalaciones de la Empresa serán de Haluro Metálico, este tipo es altamente eficiente, ya que proporciona una gran cantidad de lúmenes por vatio. Otra de las ventajas en el uso de este tipo de lámpara es al amplio espectro de colores que permite visualizar. Tienen un tiempo de vida útil de aproximadamente 20 000 horas de uso, lo que permite un período de mantenimiento largo.

### **2.5.4. Ventilación**

El sistema de ventilación de las nuevas cámaras frías en la Empresa estará conformado por seis evaporadores, que cuentan con dos ventiladores cada uno haciendo un total de 12 ventiladores, los cuales desplazan un volumen de 121 680 m<sup>3</sup>/h.

### **2.5.5. Sistemas de refrigeración**

El sistema de refrigeración estará compuesto por dos compresores de tornillo, cada uno con una capacidad nominal de 85.5 Hp con una capacidad para desplazar un volumen de 163 m<sup>3</sup>/h. El sistema también estará compuesto por un condensador y seis evaporadores, este equipo trabajará con amoníaco (NH<sub>3</sub>) como refrigerante y tiene la capacidad de alcanzar una temperatura de -20 °C, ideal para el almacenaje de carnes congeladas.

## **2.6. Estudio de costos actuales**

En el sistema actual de almacenaje de materia prima se incurre en varios costos, los cuales se deben cuantificar para poder determinar si existirá ahorro

por medio del proyecto de construcción de las nuevas bodegas frías. Dentro de los costos en los que incurre la empresa el principal es el del alquiler de las bodegas, esto no quiere decir que no existen otros costos, como el costo logístico, que se podrían eliminar y así lograr una disminución en los costos indirectos sobre el producto.

### **2.6.1. Costo por alquiler**

El alquiler del espacio físico en bodegas frías se paga por “puesto”, cada puesto es igual a 2 000 libras de carne. El costo actual por puesto es de US\$ 45 mensual en ambas bodegas. Actualmente se alquilan 125 puestos en cada una de las bodegas, haciendo un total 250 puestos. Lo que se traduce en un costo mensual por alquiler de US\$ 11 250.

### **2.6.2. Costo logístico**

Dentro de los costos en que se incurre por el almacenaje en bodegas alquiladas se debe tomar en cuenta el costo logístico, es decir el costo de transportar la materia prima desde las bodegas alquiladas hasta las instalaciones de la empresa. Esto representa tiempo de piloto, combustible y costo de oportunidad. Al momento de tener la materia prima almacenada dentro de las instalaciones estos desaparecerían.

#### **2.6.2.1. Costo de transporte**

Uno de los costos logísticos es el costo de transporte, el movilizar la materia prima de una bodega alquilada hacia la planta de producción implica un gasto de recursos como combustible, mantenimiento del vehículo, llantas y salario del piloto cuando el transporte lo proporciona la empresa. Si no existiera

disponibilidad en la flotilla de la empresa se incurre en alquiler de flete para realizar el movimiento de la materia prima. El costo de transporte calculado para el complejo de bodegas "A" es de Q 1 300 por un viaje, teniendo 7 viajes mensuales es un costo total de Q 9 100 al mes. El costo de transporte calculado para el complejo de bodegas "B" es de Q 1450 por un viaje, teniendo 8 viajes mensuales es un costo total de Q 11 600. Estos dos costos mensuales dan un total en costo de transporte mensual de Q 20 700.

#### **2.6.2.2. Costo de tiempos muertos**

Debido a que las bodegas alquiladas no son de uso exclusivo de la empresa existen otras empresas que almacenan producto dentro de esas instalaciones. Esto provoca que el transporte pierda mucho tiempo en colas de espera por el producto, lo que se traduce en tiempo de ocio por parte del piloto. Este tiempo tiene un costo, el cual se pudo calcular en base a información histórica, el costo es de Q 32 por viaje, teniendo 15 viajes mensuales, en total es un costo de Q 480 mensuales en tiempos muertos.

#### **2.6.2.3. Costo de oportunidad**

Este costo de oportunidad se genera, ya que hay recursos que se podrían aprovechar de mejor manera si se tuviera la capacidad de almacenar toda la materia prima en la Empresa. Los factores que se toman en cuenta son el personal de trabajo que se emplea para los inventarios en bodegas alquiladas y los atrasos en la producción debido a que no se tiene la materia prima a disposición inmediata. Estos costos que se generan se deben de documentar para poder cuantificarlos.



### **3. ASPECTOS IMPORTANTES PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES Y SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA OPTIMIZAR EL ALMACENAJE**

#### **3.1. Diseño estructural de las Instalaciones**

El diseño estructural consiste en diseñar los elementos que componen una edificación. Es de suma importancia realizar un diseño estructural, ya que de este derivan los insumos necesarios para la construcción, los cuales pueden ser cuantificables para tener un estimado del costo de la obra civil.

##### **3.1.1. Loza de cimientos**

La mayoría de las instalaciones para enfriamiento son construidas en bloques de concreto con refuerzos en su perímetro para soportar las cargas producidas por las paredes. Debe asegurarse un buen drenaje en la estructura, por lo que generalmente se construye sobre un lecho de gravas. También puede construirse con unos drenes interiores para evacuar adecuadamente el agua con que se limpia la instalación y el agua producida por la condensación.

Se debe considerar que el piso debe soportar grandes cargas y resistir el uso pesado en un ambiente frío y húmedo, por esto depende en buena medida del uso de aislantes de calidad. Los bloques de cimentación deben ser de al menos cuatro pulgadas de concreto reforzado con malla de alambre y con aislante de seis pulgadas de espuma plástica a prueba de agua en la superficie

### **3.1.2. Diseño de zapatas**

La función de una zapata es distribuir la carga total de una columna, incluyendo su peso propio, sobre suficiente área de terreno, de modo que la intensidad de las presiones que transmita se mantenga dentro de los límites permitidos para el suelo que las soporta.

Las cargas a soportar por las zapatas son: carga de la armadura del techo y peso propio de las columnas.

El tamaño de las zapatas va a depender del peso total de la estructura a soportar, como lo es la estructura del techo, sus vigas y columnas; el tamaño también dependerá de la capacidad de soporte del suelo

### **3.1.3. Soleras hidrófugas**

La solera hidrófuga o de humedad constituye un elemento importante dentro de la construcción, ya que su función radica en evitar el ingreso de la humedad hacia el interior de los espacios, se fabrican de concreto armado.

En ningún caso deberá hacerse perforaciones posteriores a su fundición, en todo caso deberá preverse el paso de las instalaciones necesarias como electricidad, agua y drenajes.

### **3.1.4. Levantamiento de paredes**

Los muros son de mucha importancia debido a su función estructural. Su trabajo es resistir compresión únicamente para sostenerse así mismos.

El levantado de muros será de mampostería confinada, esta tiene elementos como vigas y columnas de amarre, todas de concreto reforzado.

Se utilizará block liviano de dimensiones y color uniformes, textura fina y aristas rectas. La resistencia mínima del block será de 35 kg/cm<sup>2</sup>, sisado de ambos lados.

Debe tomarse especial atención al levantado del muro, evitando el uso de bloques rotos o con fallas de fabricación.

### **3.1.5. Techo industrial**

El techo industrial estará conformado por una cubierta a dos aguas con lámina termo acústica, esto debido a que tenemos un cuarto frío, y no es conveniente que le penetren los rayos del sol, por el calor que generan.

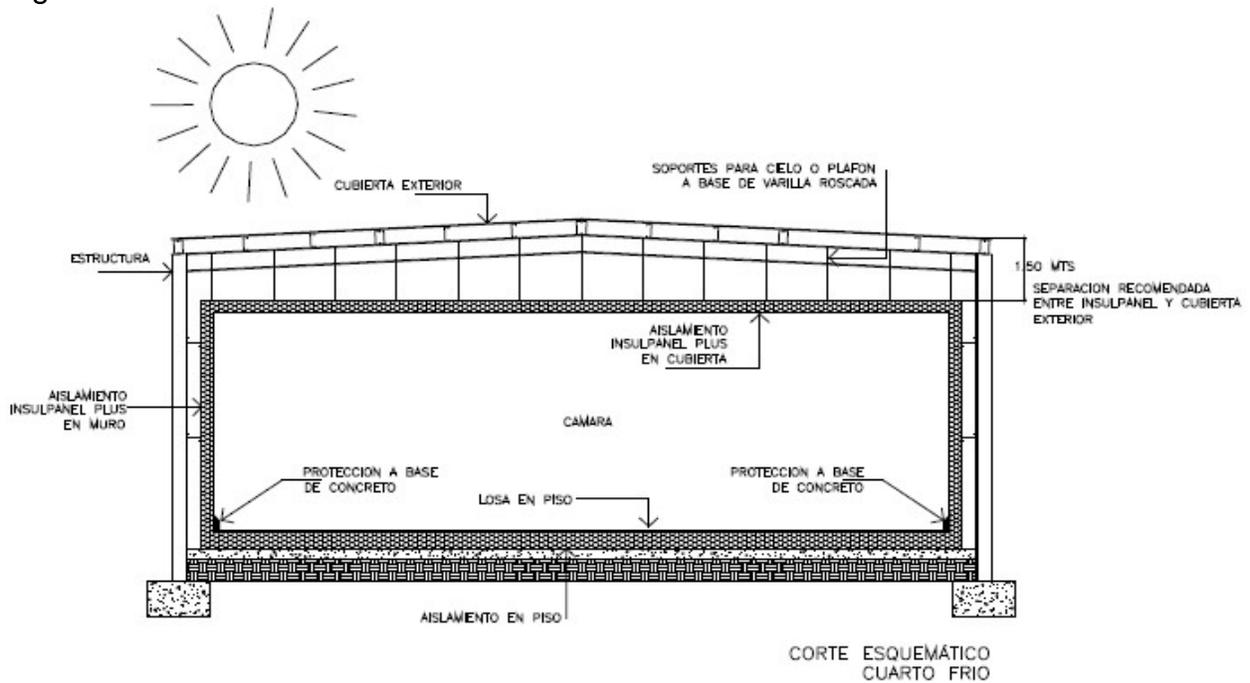
Este tipo de lámina refleja la incidencia de los rayos solares entre 75% y 85%, también reduce la absorción de calor en el alma de acero y mejora el confort térmico en el interior de la edificación.

La cubierta estará soportada por columnas de perfil estructural a base de vigas.

### **3.2. Tipos de aislamiento**

El aislamiento térmico en los sistemas de refrigeración tiene una gran importancia para evitar la ganancia de calor dentro del sistema. Se le debe proporcionar aislamiento térmico a la cámara o habitación que deseamos enfriar y a las tuberías de refrigerante.

Figura 5. **Diseño estructural de las instalaciones**



Fuente: Boast, Michael F. G. Principio de la Refrigeración, página 620.

El aislamiento térmico en las tuberías tiene dos fines, reducir el desperdicio de energía y evitar la condensación de la humedad del aire sobre el exterior de la tubería fría.

El aislamiento térmico en las cámaras de refrigeración ayuda a reducir la carga térmica, evitando el ingreso de aire caliente. Esto se logra por medio de paneles que se utilizan como paredes, los cuales están rellenos de espuma de poliuretano. En el diseño inicial se debe definir el grosor de los paneles para un mejor aislamiento.

El espesor del aislamiento a utilizar es muy importante. Mientras mayor sea el espesor, menores serán las pérdidas de energía y con ello se reducirán los costos de operación y el tamaño del equipo a utilizar. Sin embargo, los costos del aislamiento aumentan con su espesor. Por lo tanto, el espesor ideal de aislamiento es el que minimiza los costos de inversión y de operación. En

cualquier caso, siempre es más barato incrementar el grosor de la panelería para utilizar un equipo de menor tamaño.

### **3.2.1. Aislamiento térmico al vacío**

El aislamiento térmico al vacío se utiliza cada vez más cuando se necesita aislar ambientes y mantener las temperaturas controladas dentro de los ambientes. Este tipo de aislamiento es muy utilizado para paredes de refrigeradores domésticos, refrigeradores industriales y cámaras frigoríficas de grandes dimensiones.

El aislamiento térmico al vacío está formado por una envoltura dentro de la cual existe un material de relleno.

La envoltura tiene como función básica impedir el ingreso de gases atmosféricos dentro del forro, con el fin de mantener el nivel de vacío necesario para lograr el grado de aislamiento requerido para la aplicación. La envoltura está hecha con “hojas barrera”, que se caracterizan por su permeabilidad a los gases. Estas hojas barrera están hechas en su mayoría de poliésteres como el tereftalato de polietileno (PET) o de poliamidas (NYLON).

El relleno tiene como función separar los dos extremos de la envoltura cuando son sometidos al vacío, debe de ser un material poroso o discontinuo para que en las porosidades o intersticios se genere el vacío y así crear el efecto aislante. Existen dos clases de materiales para rellenos, los materiales orgánicos (por ejemplo la fibra de vidrio, el aerogel, polvo de sílice, etc.), y los inorgánicos (el poliuretano rígido o espumas de poliestireno, tanto en forma de planchas o en polvo.)

### **3.2.2. Materiales aislantes**

Un buen aislamiento debe de tener las siguientes características, baja conductividad térmica, no combustible y no sujeto a deterioro o pudrición. El aislamiento para las tuberías se puede fabricar con materiales como lana, fieltro, fibra de vidrio, hule o corcho.

En cuanto al aislamiento de las paredes y techos de las cámaras frigoríficas el más recomendado es el panel relleno de poliuretano en espuma, que tiene una conductividad térmica extremadamente baja.

### **3.3. Principios de refrigeración**

La refrigeración nació a partir de la necesidad de conservar alimentos en buen estado por más tiempo.

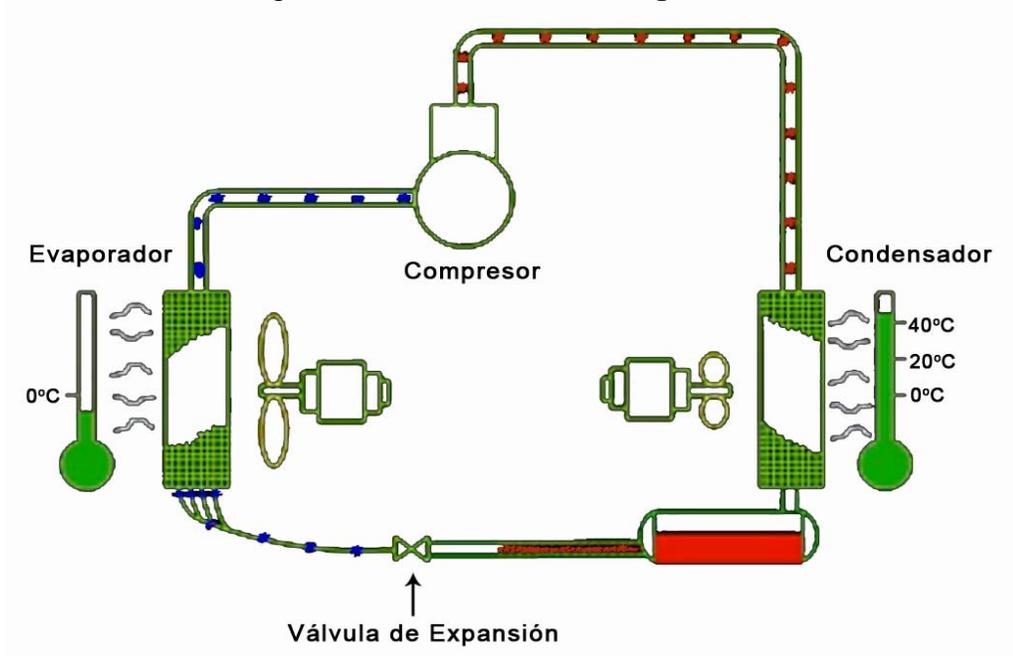
La refrigeración es un método por el cual se logra reducir la temperatura de un cuerpo o de un ambiente. Por definición, el frío no existe, lo que se percibe es la ausencia de calor.

Los sistemas de refrigeración varían de un diseño a otro. Todos los sistemas de refrigeración buscan revertir el principio de que la temperatura viaja de un cuerpo de mayor temperatura hacia uno de menor temperatura. Esto quiere decir que si un cuerpo de menor temperatura es expuesto a un ambiente con mayor temperatura, la temperatura del cuerpo aumentará hasta igualar la del ambiente que lo rodea.

Un sistema de refrigeración está compuesto por cinco elementos básicos, un compresor, un condensador, una válvula de expansión, un evaporador y un refrigerante.

El ciclo comienza en el compresor donde se comprime el refrigerante, este al comprimirse se transforma en un gas a alta temperatura y a alta presión, pasando luego por el condensador donde se condensa el gas y se vuelve un líquido a presión y temperatura altas, este líquido luego pasa por la válvula de expansión, al expandirse pasa directamente al serpentín dentro del evaporador donde absorbe todo el calor de su entorno provocando que el serpentín se enfríe, y los ventiladores del evaporador se encargan de distribuir el aire frío dentro del ambiente.

Figura 6. **Sistema de refrigeración**



Fuente: propia de la investigación

### **3.3.1. Temperaturas**

Los alimentos y muchos artículos de consumo se conservan almacenándolos a bajas temperaturas, con lo cual se elimina o retarda la actividad de los microorganismos. Estos agentes causantes de deterioro son bacterias, levaduras y hongos. Las bajas temperaturas no destruyen estos agentes como lo hacen las altas temperaturas, pero reducen mucho su actividad, con lo cual suministran un método práctico para conservar los productos perecederos en su estado natural.

Las bajas temperaturas necesarias para conservar el producto dependen de dos aspectos importantes, el período de almacenamiento y el tipo de producto. En general hay tres tipos de productos:

- Productos que permanecen vivos durante el almacenaje, distribución y venta, como lo son las frutas y vegetales.
- Productos que poco tiempo después de muertos son procesados de alguna manera, por ejemplo productos cárnicos y mariscos.
- Artículos de consumo, es decir, otras sustancias que se benefician de un almacenaje a temperaturas controladas, por ejemplo: helado, hielo, chocolate y tabaco.

Los alimentos vivos cuentan con una protección natural contra las acciones de los microorganismos, por lo que el método de conservación de

enfoca en mantener vivo el producto y al mismo tiempo retardar las actividades de las enzimas naturales que reducen la tasa de maduración.

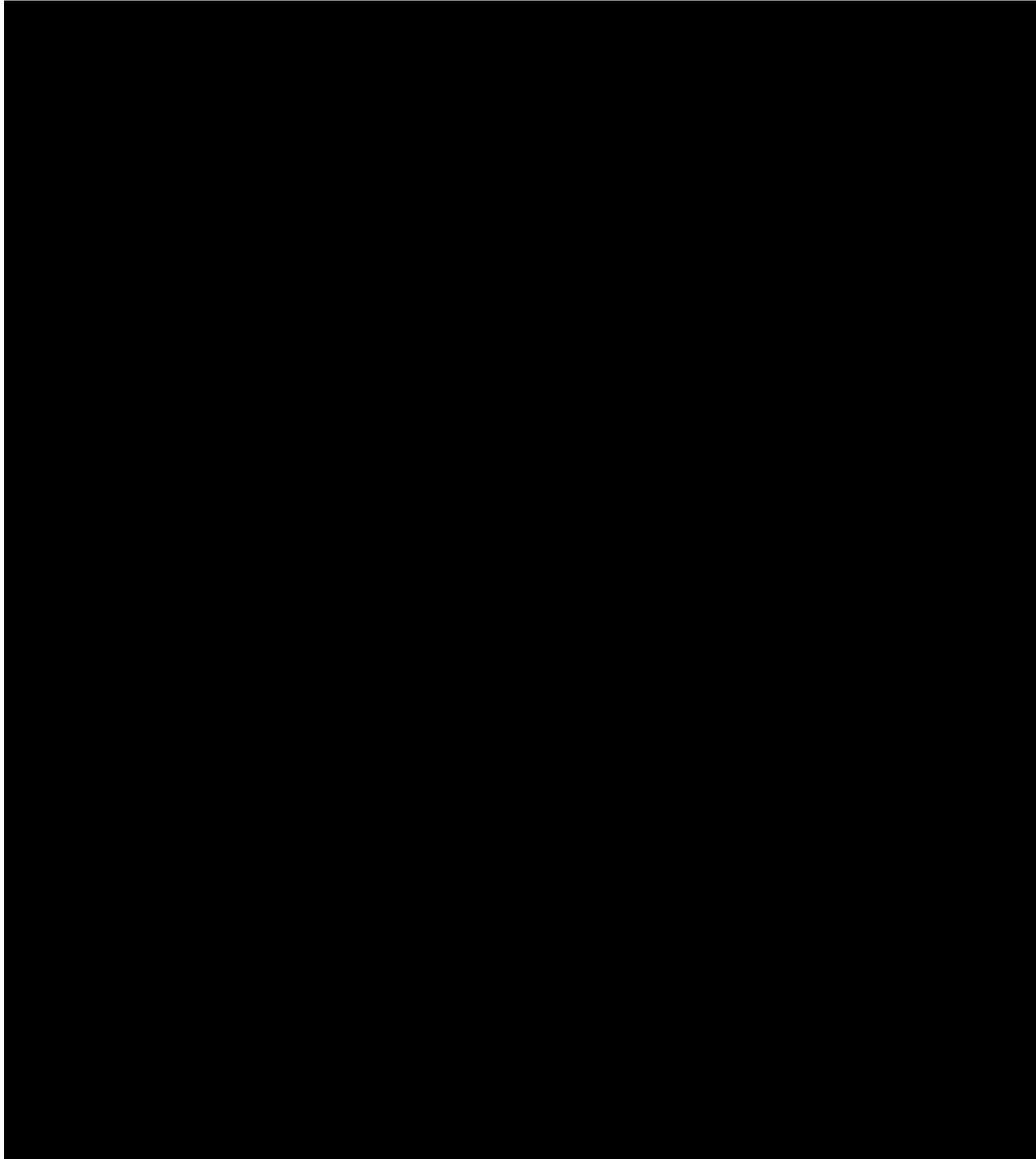
En el caso de carnes y mariscos se debe considerar el tiempo que se desea almacenar, ya que para un consumo inmediato (2 semanas o menos), lo ideal son temperaturas que se consideran de refrigeración. Si el almacenaje durará más de dos semanas es posible preservar estos productos en temperaturas de congelamiento.

El almacenaje en refrigeración se divide en tres grupos: período corto, período largo y almacenaje de congelación.

El almacenaje de corta y de larga duración utiliza temperaturas por encima de 0 °C para productos frescos. Se consideran almacenajes de corta duración desde un día hasta un máximo de dos semanas. El almacenaje de larga duración pueden ser de dos semanas hasta seis meses, se debe recordar el monitoreo constante para verificar que las condiciones de almacenaje sean las ideales. El almacenamiento de congelación utiliza temperaturas por debajo de 15 °C. Para almacenamiento en congelación durante largos períodos se requieren temperaturas de -18 a -30 °C para mantener la calidad.

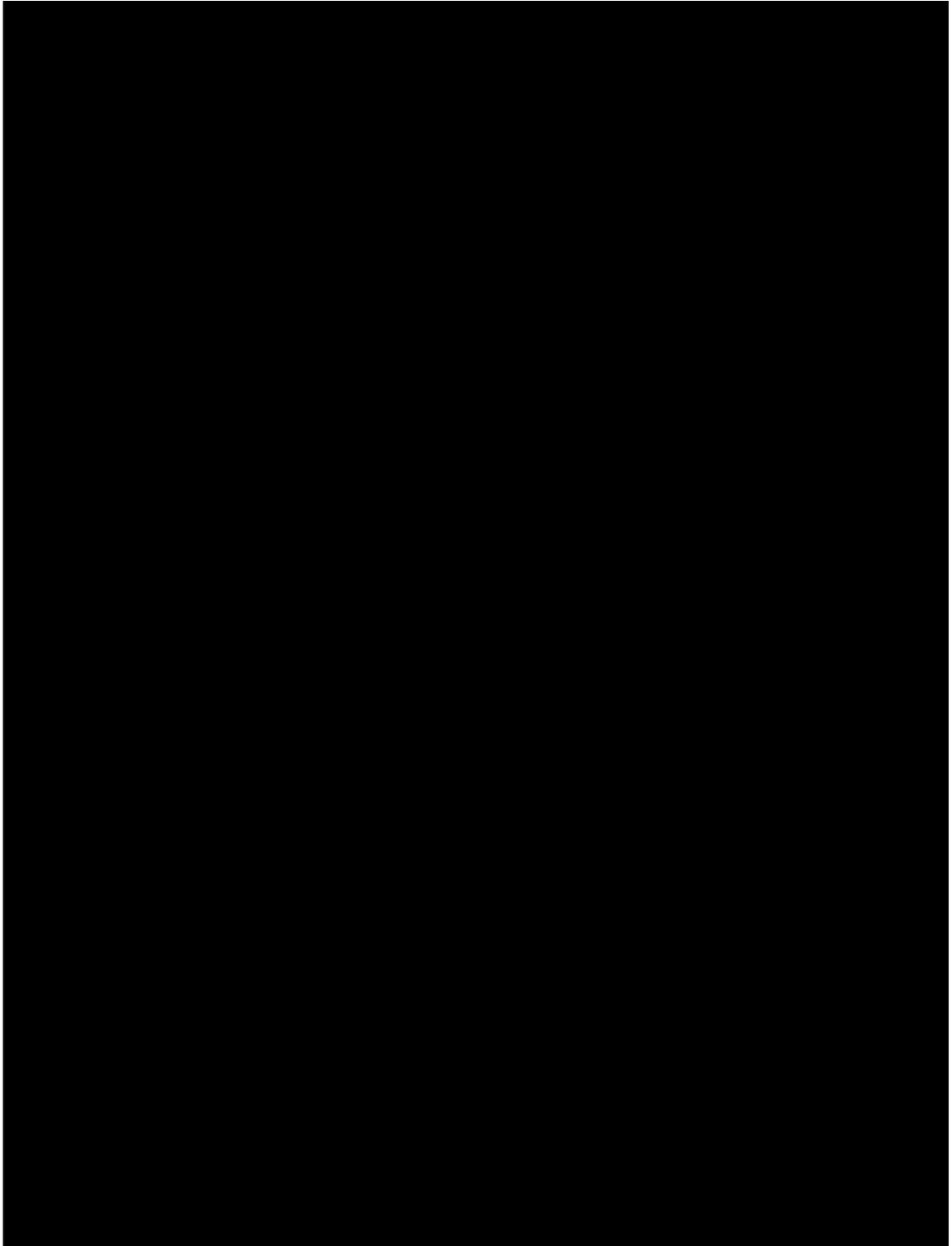
### 3.3.1.1. Temperaturas requeridas

Tabla I. Temperaturas de almacenaje para frutas y verduras.

A large black rectangular area representing a redacted table. The table content is completely obscured by a solid black fill.

Fuente: Boast, Michael F. G. Principio de la Refrigeración, página 308.

**Tabla II. Temperaturas de almacenaje para carnes y mariscos.**



Fuente: Boast, Michael F. G. Principio de la Refrigeración, página 310.

### **3.3.2. Presiones**

En un sistema de refrigeración el compresor crea dos tipos de presiones, la presión de succión (baja) y la presión de descarga (alta).

La presión de succión es a la cual el refrigerante se evapora, permitiendo de esta forma la caída de temperatura en el evaporador. Esta presión se debe mantener a lo largo de las tuberías de succión, para lograr mantener el vacío.

La presión de descarga es la presión de “salida” del compresor. Esta presión debe ser igual a la presión de condensación del refrigerante. La presión de salida debe mantenerse a lo largo del ciclo de condensación para aumentar la eficiencia dentro del sistema.

### **3.3.3. Potencia**

Al hablar de potencia en un sistema de refrigeración hay que distinguir dos magnitudes, potencia absorbida en energía mecánica como lo es un motor eléctrico, y la potencia de enfriamiento o refrigeración.

La unidad de medida utilizada para la potencia de enfriamiento es la caloría/hora en SI. En el sistema inglés la potencia de refrigeración se mide en “toneladas de refrigeración” o BTUs/hr. La mayoría de equipos utilizados en Guatemala son norteamericanos, por ende estas son las dos dimensionales que predominan en los cálculos para la potencia en los sistemas de refrigeración.

La potencia requerida en un sistema de refrigeración se calcula con base a varios aspectos; cargas térmicas, volumen del espacio a refrigerar,

temperatura requerida, producto a almacenar, temperatura de ingreso de los productos y tipo de aislamiento

### **3.3.3.1. Cargas térmicas del producto**

La carga térmica se define como la cantidad de calor o energía que se debe remover de la cámara frigorífica para mantener las condiciones medioambientales requeridas. Determinar la carga para una planta de refrigeración se debe de convertir todas las formas de proceso, actividades o consumos de energía en unidades de calor. La unidad de calor utilizada es el BTU (*British Thermal Unit*), la unidad utilizada comercialmente relacionada con unidad de tiempo (horas) es el BTU/hr.

Para el cálculo de la carga térmica se deben de considerar los siguientes factores: transmisión de calor por la superficie, calor que el producto debe perder para alcanzar la temperatura deseada, calor interno referente a personas, lámparas y equipamientos, infiltraciones de aire, calor de los motores eléctricos que impulsan los ventiladores y tiempo previsto de funcionamiento, además del coeficiente de seguridad. El calor generado por todas estas fuentes en 24 horas debe de extraerse en un número de horas menor, horas de funcionamiento. La potencia del sistema de refrigeración (NR) debe ser mayor a la carga térmica total (Q), calculada para extraer en la 24 horas.

$$NR > Q/24\text{horas (Ecuación 1)}$$

### **3.3.3.2. Infiltraciones**

La infiltración es flujo de aire no controlado a través de grietas, uniones y otras aberturas no intencionales. Se le debe de prestar atención a todas las

uniones, entre paneles, paneles paredes y sobre todo a los tiempos que las puertas permanecen abiertas para minimizar la carga térmica debido a las infiltraciones.

### **3.4. Sistemas de refrigeración**

Los sistemas de refrigeración, son sistemas que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor de un lugar a otro. Están diseñados para disminuir la temperatura dentro de una cámara frigorífica, donde se almacenen productos que requieran de las bajas temperaturas para su conservación.

El traslado de calor se logra forzando la circulación de un fluido refrigerante por el interior de un circuito cerrado de tuberías e intercambiadores de calor. La circulación del refrigerante se logra mediante el uso de compresores.

#### **3.4.1. Sistemas de aire denso**

El sistema de refrigeración por medio de aire denso es utilizado en aplicaciones donde es necesario enfriar un fluido previo a su utilización. El sistema se compone de un intercambiador de calor y un ventilador para forzar la entrada de aire dentro del sistema. El fluido que se encuentra a una temperatura superior a la del ambiente fluye a través del intercambiador de calor que es enfriado por el flujo de aire que es forzado por el ventilador, disminuyendo la temperatura del fluido.

### **3.4.2. Sistemas de compresión**

El proceso de refrigeración por compresión se logra evaporando un refrigerante en estado líquido, a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, llamado evaporador. Para evaporarse este requiere absorber vaporización. Durante el cambio de estado el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador. A esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica. Luego de este intercambio energético, un compresor mecánico se encarga de aumentar la presión del vapor para condensarlo dentro de otro intercambiador de calor llamado condensador.

En este intercambiador se liberan del sistema de refrigeración, tanto el calor latente como el sensible, ambos componentes de la carga térmica. Ya que este aumento de presión además produce un aumento en su temperatura, para lograr el cambio de estado del fluido refrigerante es necesario enfriarlo al interior del condensador, esto suele hacerse por medio de aire y/o agua conforme el tipo de condensador, definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera, el refrigerante ya en estado líquido, puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión.

### **3.4.3. Sistema de absorción**

Un método alternativo de refrigeración es por absorción. Sin embargo, este método sólo se suele utilizar cuando hay una fuente de calor residual o barata, por lo que la producción de frío es más económica y ecológica, aunque su rendimiento es bastante menor.

El refrigerante no es comprimido mecánicamente, sino absorbido por un líquido solvente en un proceso exotérmico y transferido a un nivel de presión superior mediante una simple bomba. La energía necesaria para aumentar la presión de un líquido mediante una bomba es despreciable en comparación con la energía necesaria para comprimir un gas en un compresor. A una presión superior, el refrigerante es evaporado desorbido del líquido solvente en un proceso endotérmico, o sea mediante calor. A partir de este punto, el proceso de refrigeración es igual al de un sistema de refrigeración por compresión. Por esto, al sistema de absorción y desorción se le denomina también “compresor térmico”.

En el sistema de refrigeración por absorción, al igual que en el de compresión, se aprovecha que ciertas sustancias absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso. En el caso de los ciclos de absorción se basan físicamente en la capacidad de absorber calor que tienen algunas sustancias, tales como el agua y algunas sales como el bromuro de litio, al disolver, en fase líquida, vapores de otras sustancias tales como el amoníaco y el agua, respectivamente.

El refrigerante se evapora en un intercambiador de calor, llamado evaporador, el cual enfría un fluido secundario, para acto seguido recuperar el vapor producido disolviendo una solución salina o incorporándolo a una masa líquida. El resto de componentes e intercambiadores de calor que configuran una planta frigorífica de absorción, se utilizan para transportar el vapor absorbido y regenerar el líquido correspondiente para que la evaporación se produzca de una manera continua.

### **3.5. Equipos de refrigeración**

Un sistema de refrigeración está compuesto por elementos de máquina que trabajando bajo principios termodinámicos y de mecánica de fluidos, logran el fin de transferir el calor de un lugar a otro.

Estos elementos son:

- Compresor
- Condensador
- Evaporador
- Tuberías
- Tanques de almacenamiento
- Recirculadores
- Sistema eléctrico y de control

#### **3.5.1. Compresores**

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él, convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente también de temperatura; a diferencia de los

ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

Existen varios tipos de compresores diferenciados por su método de compresión.

Estos son:

- Compresores reciprocantes
- Compresores rotatorios
- Compresores de tornillo
- Compresores centrífugos

Los compresores reciprocantes son los de más uso, existe mucha variedad de potencias que se pueden conseguir por medio de éstos. El principio de funcionamiento de un compresor reciprocante es similar a los motores de los vehículos, posee pistones, cilindro, válvulas, bielas y cigüeñal. Las válvulas de succión y descarga por lo general son de placa delgada que abre y cierra rápidamente.

El compresor rotatorio tiene un rotor excéntrico respecto a la carcasa; cuando gira el rotor reduce el volumen del gas y aumenta su presión. Las ventajas de estos compresores son que tienen pocas partes, de construcción sencilla y pueden ser relativamente silenciosos y libres de vibraciones.

Los compresores de tornillo o también llamados helicoidales, poseen dos tornillos helicoidales que engranan entre sí y comprimen el gas a medida que el volumen de este disminuye hacia el extremo de la descarga. Este tipo de compresor se utiliza debido a su confiabilidad, eficiencia y costo.

Los compresores centrífugos tienen impulsores de paletas que giran dentro de una carcasa, de modo semejante a las bombas centrifugas. Los impulsores aumentan la velocidad del gas, lo que se convierte en un aumento de presión al disminuir la velocidad. La naturaleza del compresor centrífugo lo hace adecuado para capacidades muy grandes.

### **3.5.2. Condensadores**

El condensador es un intercambiador de calor que usualmente rechaza todo el calor del sistema de refrigeración. Esto incluye no sólo el calor absorbido por el evaporador, sino también la energía transferida por el compresor.

El condensador recibe refrigerante caliente a alta presión del compresor, por lo general gas sobrecalentado, le extrae el calor y envía este hacia una sustancia enfriadora, que casi siempre es agua. Cuando se remueve la energía del gas, este se condensa y el condensado es drenado para que pueda regresar, a través de la válvula de expansión, al evaporador.

### **3.5.3. Evaporadores**

El evaporador capta la energía a través de un proceso de transferencia de calor desde un medio que se encuentra a una temperatura ligeramente mayor, provocando con esto la evaporación del refrigerante.

Cuando se utiliza una válvula de expansión o un tubo capilar, es común que el refrigerante llegue al evaporador en una condición de doble fase, es decir, parcialmente evaporado en el proceso de estrangulamiento. La mayoría de evaporadores están diseñados y controlados para que el refrigerante,

cuando salga de estos, tenga cierto grado de sobrecalentamiento; esta medida es para proteger al compresor, el cual podría dañarse si lo aspira en estado líquido.

#### **3.5.4. Tuberías**

El cálculo del tamaño de la tubería en un sistema de refrigeración constituye un paso muy importante en el proceso del diseño. Se debe de asegurar que las dimensiones de las tuberías sean las adecuadas. Las tuberías sobredimensionadas crean grandes caídas de presión, reduciendo la capacidad de la planta e incrementando el uso de energía.

Las tuberías de líquido deben ser dimensionadas para asegurar el desagüe del condensador. La altura requerida para asegurar la correcta circulación no debe ser menor de 350 mm entre la salida del condensador y la entrada del colector.

Las tuberías de descarga se instalan para prevenir la formación de refrigerante condensado que retorne al compresor durante el ciclo de parada, el cual podría dañar una válvula o un pistón en el arranque.

Las tuberías de succión se utilizan para asegurar el retorno del aceite con la mínima caída de presión. La tubería de succión desde el evaporador tiene que ser instalada teniendo en cuenta la localización del compresor y el funcionamiento del ciclo de bombeo de vacío.

### **3.5.5. Tanques de almacenamiento**

En los sistemas de refrigeración más grandes se cuenta con tanques de almacenamiento. Como su nombre lo dice, son tanques en los cuales se almacena refrigerante líquido a alta temperatura.

Esto quiere decir que luego que el refrigerante sale del compresor en forma de gas sobrecalentado a una alta presión, posteriormente pasa al condensador donde cambia su estado a líquido a alta temperatura, parte de este refrigerante líquido se reserva en los tanques de almacenamiento para uso posterior.

### **3.5.6. Recirculadores**

Los recirculadores al igual que los tanques de almacenamiento nos sirven para almacenar refrigerante, con la única variación que dentro de los recirculadores se almacena una mezcla de gas y líquido refrigerante a bajas temperaturas.

El refrigerante que se reserva en recirculadores es refrigerante de salida de los evaporadores o puede ser llevado directamente de los tanques de almacenamiento, pasando antes por una válvula de expansión que provoca la caída de temperatura.

Este refrigerante almacenado a bajas temperaturas es utilizado en un momento determinado en que el sistema demande grandes cantidades de refrigerante en los evaporadores o que el compresor se detenga por alguna razón durante un tiempo considerable. El refrigerante de los recirculadores se

incorpora al sistema por medio de bombas eléctricas que envían el refrigerante a los evaporadores.

### **3.5.7. Sistema eléctrico y de control**

En un sistema de refrigeración, los sistemas eléctricos y de control son esenciales para el buen funcionamiento de los equipos, sin dejar a un lado la seguridad industrial. Hay instrumentos de control eléctricos y no eléctricos, los no eléctricos pueden ser llaves de paso, medidores de nivel, manómetros, etc. Los instrumentos eléctricos son los sensores de nivel, bobinas, solenoides, microprocesadores, sensores de presión, etc.

El sistema eléctrico y de control ayuda a monitorear todas las condiciones dentro del sistema para asegurar que el funcionamiento, de los equipos sea óptimo.

Los parámetros del sistema de refrigeración pueden ser fácilmente modificados por medio de la programación en un sistema eléctrico y de control, donde se puede modificar desde presiones de descarga hasta temperaturas en evaporadores, para adaptar las condiciones del sistema a las necesidades que se tengan.

### **3.6. Descongelación**

La formación de escarcha en las tuberías del serpentín de evaporadores es prácticamente inevitable, por tal motivo se necesita alguna forma de descongelación cuando la temperatura de la cámara es inferior a 3 °C o la temperatura de evaporación es menor -2 °C. Hay varios métodos para la

descongelación de las tuberías, pero parte del diseño se basa en determinar el lapso de descongelado y la frecuencia de cada uno.

### **3.6.1. Descongelación automática**

La descongelación automática ayuda a mejorar la eficiencia del sistema de refrigeración, porque mantiene el serpentín sin escarcha. Para saber cuándo provocar la descongelación, los fabricantes se basan en el período de funcionamiento del compresor, utilizando un temporizador que registra el tiempo en que el compresor permanece funcionando. La formación de escarcha está directamente relacionada con las veces que se deja ingresar aire caliente dentro de las cámaras, lo cual se traduce en mayor tiempo de funcionamiento del compresor, por lo que la descongelación automática se vuelve una herramienta para optimizar el ciclo de refrigeración.

### **3.6.2. Descongelación eléctrica**

La descongelación eléctrica es suministrada por elementos calentadores eléctricos dentro del bloque del serpentín descongelando el hielo a sus alrededores. En este sistema se debe tener en cuenta que durante el deshielo se debe detener la circulación de refrigerante por el evaporador y el ventilador del evaporador debe estar apagado. El deshielo provoca agua, se debe considerar un tiempo prudencial para que el agua pueda ser drenada además de un sistema de drenaje adecuado. Cuando el proceso de descongelación se complete debe empezar a circular el refrigerante antes de encender nuevamente el ventilador del evaporador para garantizar que se haga circular únicamente aire frío.

### **3.6.3. Descongelación ciclo inverso**

En el sistema de descongelación de ciclo inverso las funciones del condensador y del evaporador se invierten en el modo de descongelación. Lo que provoca el paso de refrigerante caliente dentro del serpentín del evaporador, provocando que la escarcha de hielo se deshaga.

### **3.6.4. Descongelación con gas caliente**

La descongelación por medio de gas caliente se da cuando el gas caliente de la descarga del compresor entra en el evaporador y puede ser o no condensado.

Los sistemas donde el gas no es condensado y el vapor se retorna por la tubería de succión, son difíciles de controlar y pueden prolongar los ciclos de descongelación.

Los sistemas de gas condensado requieren del retorno del líquido refrigerante producido al sistema para reevaporación.

El suministro de gas caliente puede realizarse dentro del colector de succión o dentro de un colector especial incorporado al bloque del serpentín para la descongelación. Cuando se utiliza un colector de succión se puede utilizar la tubería de succión para transferir el gas al evaporador, mientras que si se utiliza un colector especial se necesita una tubería de gas caliente.

## **4. DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN LAS NUEVAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO**

### **4.1. Condiciones del diseño**

Dentro de los análisis del diseño se toman en cuenta factores que pueden ser externos o internos. Estos factores afectan directamente la carga térmica que se debe calcular para la capacidad del sistema de refrigeración.

#### **4.1.1. Exteriores**

Las condiciones exteriores que se toman en cuenta para el cálculo de las cargas térmicas son: el clima que predomina en el lugar (incluyendo temperatura promedio), su altura sobre el nivel del mar, el tiempo de exposición a la radiación solar sobre las bodegas y temperatura y velocidad del viento.

Estas condiciones se pretenden controlar mediante la construcción de una estructura que proteja las cámaras frigoríficas, al mismo tiempo que provee de un espacio cerrado que reduce el riesgo de contaminación dentro de las bodegas.

#### **4.1.2. Interiores**

Las condiciones internas tienen como finalidad mantener la temperatura deseada dentro de las cámaras frigoríficas, por medio del aislamiento de las condiciones externas y el trabajo del sistema de refrigeración.

Las condiciones internas a tomar en cuenta son: material y aislamiento del piso, material de los paneles o paredes, tipo de producto a almacenar, tipo de embalaje del producto, temperatura requerida, temperatura a la que ingresa el producto a la cámara frigorífica e infiltraciones por la abertura de puertas.

#### 4.2. Cálculo de la carga de enfriamiento

Las cargas térmicas se calculan en base a las siguientes fórmulas:

- Ganancia de calor por transmisión en paredes, suelo y techo

$$Q_t = \text{Area} * 0.19 * (\text{Temp exterior} - \text{Temp interior})$$

- Carga por cambio de aire o infiltraciones

$$Q_i = (\text{vol del cuarto} * \text{calor a eliminar} * 4) / 86,400$$

- Carga del producto

$$Q_p = (\text{peso producto} * \text{calor especifico} * \text{cambio temp}) / 86,400$$

- Carga por personal de trabajo dentro de la cámara

$$Q_e = (\text{número personas} * (\text{horas ocupación} / 24) * 270)$$

- Carga por montacargas

$$Q_m = (\text{número montacargas} * (\text{horas ocupación} / 24) * 4,300)$$

- Carga por iluminación

$$Q_{il} = (\text{número lámparas} * \text{watts} * 11.95)$$

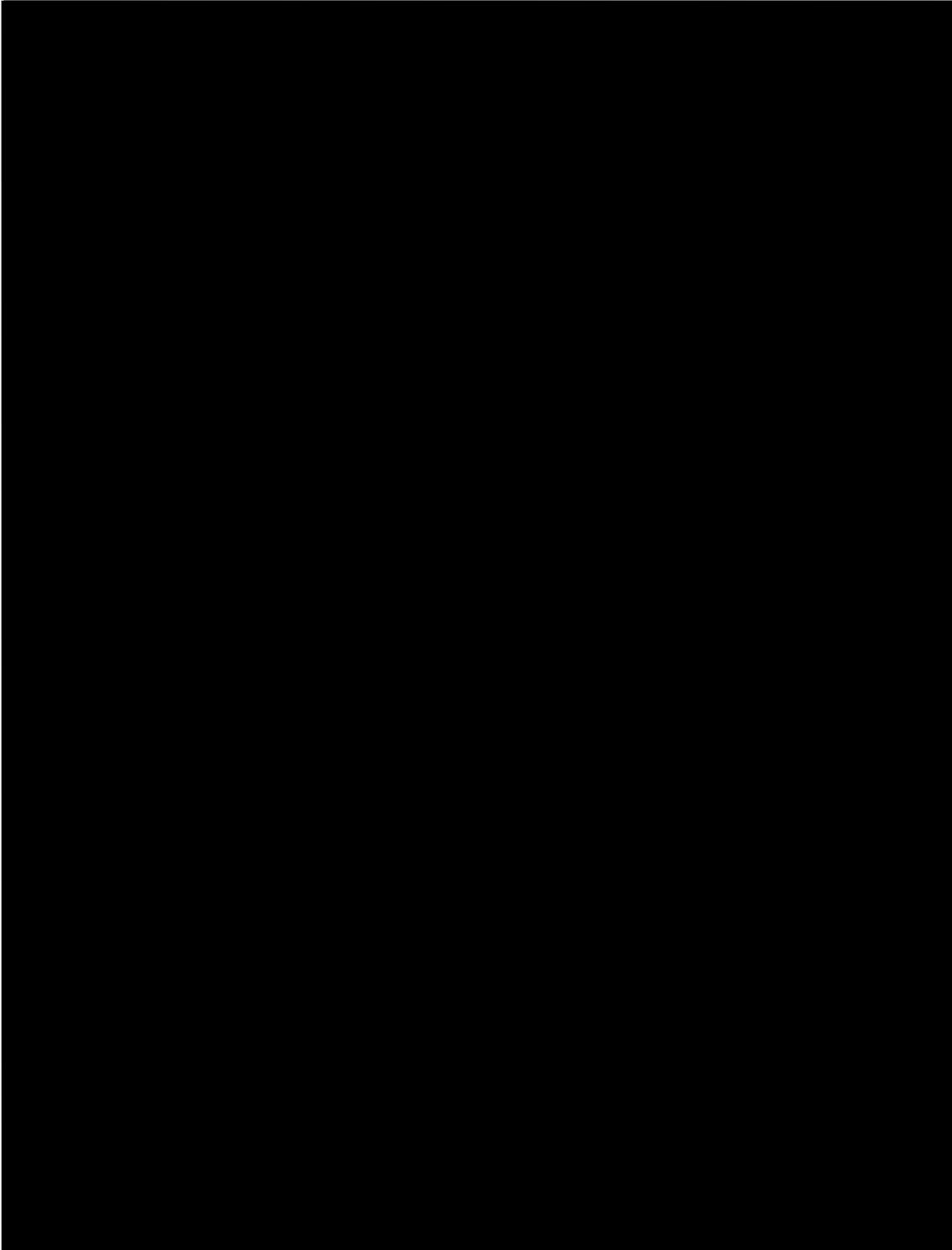
- Carga por motores de ventiladores evaporadores

$$Q_v = (\text{número ventiladores} * \text{watts} * 5.90)$$

- Carga total de refrigeración

$$Q_{total} = Q_t + Q_i + Q_p + Q_e + Q_m + Q_{il} + Q_v$$

Tabla III. **Descripciones de las cargas térmicas**



Fuente: resultado de la investigación

### **4.3. Capacidades de cámaras frigoríficas**

En el diseño de las nuevas cámaras, se tomó en cuenta la demanda existente de materia prima más un incremento del 30%, proyectado basado en el crecimiento de las líneas de producción. Se determinó el uso de dos diferentes cámaras frías cada una a distinta temperatura, esto con el fin de conservar la calidad de los productos y ahorrar energía.

La cámara frigorífica 1 tendrá un volumen de 2 764 m<sup>3</sup>, y una capacidad para almacenar 910 000 libras de carne a una temperatura de -10 °C.

La cámara frigorífica 2 tendrá un volumen de 3 600 m<sup>3</sup>, y una capacidad para almacenar 1 300 000 libras de carne a una temperatura de -18 °C.

### 4.3.1. Cálculo de cargas de refrigeración

Tabla IV. Datos de las cargas térmicas

Descripción	Dimensional	Cámara 1	Cámara 2
Tipo de producto.		Carne	Carne
Temperatura externa bulbo seco.	°F	95	95
Temperatura externa bulbo húmedo.	°F	80	80
Temperatura de la cámara frigorífica.	°F	10	-4
Largo de la cámara frigorífica.	MTS	26	34
Ancho de la cámara frigorífica.	MTS	15	15
Alto de la cámara frigorífica.	MTS	7	7
Factor de transferencia de calor en el techo.		0	0
Factor de transferencia de calor en las paredes.		0	0
Factor de transferencia del piso.		0	0
Libras que salen por día.	LBS	165,000	165,000
Tiempo de congelado.	HR	18	18
Temperatura de ingreso del producto.	°F	10	10
Temperatura final del producto.	°F	10	-4
Pies cúbicos por minuto (CFM).	CFM	23,766	62,241
Pies cúbicos por minuto (CFM) por evaporador.	CFM	7,922	20,747
# de personas en el interior de la cámara frigorífica.		1	1
BTU/HR por persona en la temperatura de la cámara frigorífica.		1,200	1,340
Minutos de estancia en la cámara por persona/hora.		10	20
Montacarga.		1	1
Minutos de estancia en la cámara por montacarga/hora.		60	60
Volumen de la cámara frigorífica.	MTS <sup>3</sup>	2,764	3,600
Cambio de aire por cada 24 horas.		1	1
Infiltración.	BTU/FT <sup>3</sup>	3	3
Calor total por transmisión.	BTU/HR	94,463	110,125
Calor por infiltraciones.	BTU/HR	20,347	20,347
Calor por iluminación.	BTU/HR	29,784	29,784
Calor por personas.	BTU/HR	293	655
Calor por montacargas.	BTU/HR	4,327	4,327
Calor de producto.	BTU/HR	0	78,408
Calor por motores evaporadores.	BTU/HR	16,280	32,560
Calor por otros motores.	BTU/HR	3,700	3,700
<b>Carga total de refrigeración.</b>	<b>BTU/HR</b>	<b>169,194</b>	<b>275,579</b>

Fuente: resultado de la investigación

### 4.3.2. Almacenaje de productos cárnicos

Los productos cárnicos que se almacenarán en las nuevas cámaras frigoríficas se dividieron en dos grupos que se trabajarán a distintas temperaturas.

En la cámara uno, se almacenarán productos cárnicos a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y serán todos aquellos que tienen una rotación aproximada de dos semanas. Esto quiere decir que los productos que ingresen en esta cámara no estarán almacenados por más de 10 días, siendo necesario que permanezcan en el área de descongelados al menos dos días antes de poder utilizarlos.

En la cámara dos se almacenarán productos cárnicos a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , permanecerán almacenados por más de dos meses antes de ser utilizados.

De ser necesario, podría darse un traslado entre bodegas, esto contribuiría a optimizar el sistema de refrigeración, ya que si trasladamos productos cárnicos de la cámara frigorífica 2, que se encuentran a una temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a la cámara frigorífica 1, que se encuentra a una temperatura de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la carne absorberá parte del calor latente que se encuentre en el ambiente, contribuyendo al enfriado de la cámara lo que se traducirá en menor trabajo para el sistema de refrigeración de la cámara 1.

El material de embalaje del producto cárnico serán cajas de cartón y bolsas plásticas. El producto se colocará en tarimas, acomodándose 2 000 lbs. en cada una. Para optimizar el espacio en las cámaras frigoríficas, se instalarán estanterías de metal especiales para colocar las tarimas, las cuales podrán ser movilizadas por medio de un montacargas eléctrico.

#### **4.4. Diseño**

En el diseño del sistema de refrigeración se determina el equipo necesario para alcanzar las temperaturas óptimas acorde al producto que se desea almacenar.

#### **4.4.1. Sistema de compresión**

Para el sistema de refrigeración de ambas cámaras, se utilizarán dos compresores de tornillo marca FRICK, modelo RFX39, con una potencia de 86 Hp cada uno, trabajando con refrigerante R717 a base de amoníaco NH<sub>3</sub>.

#### **4.4.2. Sistema de condensación**

El sistema de refrigeración de ambas cámaras trabajará con un mismo condensador marca FRICK, modelo ECH 806-103, con un sistema de enfriado por agua.

#### **4.4.3. Sistema de evaporación**

Para la cámara 1 se instalarán tres evaporadores de dos ventiladores cada uno, marca FRICK modelo AGHN 050.2H/2A-H0L/16P.M con una capacidad de enfriamiento de 56,399 BTU/h movilizándolo un volumen de 80 819 m<sup>3</sup>/h.

Para la cámara 2 se instalarán tres evaporadores de dos ventiladores cada uno, marca FRICK, modelo AGHN 080.2H/28-H0L/12P.M, con una capacidad de enfriamiento de 92 400 BTU/h movilizándolo un volumen de 211 658 m<sup>3</sup>/h.

#### **4.4.4. Sistema de tuberías**

En el diseño de tuberías para un sistema de refrigeración se debe tomar en cuenta que se necesitan tres diferentes tipos de tuberías, los cuales dependerán del estado en que el refrigerante viaje a través de ellas. En la

descarga del compresor se necesitan tubos de acero al carbono con una medida de 1.5 pulgadas de diámetro, de cédula 40 y sin costuras. La tubería necesaria para la succión es de acero al carbono, con medida de 6 pulgadas de diámetro, cédula 40, sin costura. La tubería a utilizar para el gas caliente será de acero al carbono de 1 pulgada de diámetro, de cédula 80 y sin costuras.

Es importante recordar que toda la tubería debe aislarse para evitar pérdida de energía.

Para el sistema de descarga se utilizarán 7 tubos de 6 metros cada uno, haciendo un total de 42 metros. En el sistema de succión serán utilizados 6 tubos de 6 metros cada uno, haciendo un total de 36 metros. En el sistema de gas caliente se utilizarán 6 tubos de 6 metros de largo cada uno, haciendo un total de 36 metros.

#### **4.4.5. Tanques de almacenamiento**

Se utilizará un tanque de almacenamiento para ambos sistemas de refrigeración, con medidas de 0.50 metros de diámetro por tres metros de largo, capacitado para una presión de trabajo de 250 psi.

#### **4.4.6. Recirculadores**

Se utilizará un recirculador vertical para ambos sistemas de refrigeración, con medidas de 0.60 metros de diámetro por 2.40 metros de largo, capacitado para una presión de trabajo de 250 psi. Diseñado para trabajar con refrigerante R717 amoniaco NH<sub>3</sub>, a una temperatura de trabajo de -40 °C.

#### **4.4.7. Sistema eléctrico y de control**

El sistema eléctrico y de control del compresor viene incorporado en cada uno de los compresores. El sistema de refrigeración de ambas cámaras contará con válvulas de control de tres vías, válvulas de servicio, válvulas de flote y válvulas reguladoras y de purga. Todas estas manejadas desde un panel de control de 120 voltios.

#### **4.4.8. Desempeño del sistema de refrigeración**

El desempeño del sistema de refrigeración se puede medir por medio de la eficiencia. La eficiencia para cámaras frigoríficas se determina por medio del cociente entre las toneladas de refrigeración teóricas y las toneladas de refrigeración prácticas (potencia teórica/potencia práctica). El desempeño del sistema de refrigeración debe superar el 97% de la eficiencia para poder determinar que cumplirá con los parámetros de temperatura esperados.

#### **4.4.9. Descongelación**

El sistema de descongelado será por medio de gas caliente. Debido a la eficiencia y bajo costo operativo de dicho sistema. Se colocará un colector de gas caliente con una válvula de tres vías, la cual permitirá abrir el paso del gas caliente del colector hacia el evaporador cuando el ciclo de deshielo empiece y de cerrar el paso cuando el ciclo concluya.

## 4.5. Evaluación de costos

### 4.5.1. Costo obra civil

En el cálculo del costo de la obra civil se debe tomar en cuenta, desde el movimiento de tierras (si fuera necesario), hasta tener el edificio totalmente terminado.

#### 4.5.1.1. Costo de losa de cimientos

Tabla V. Costo de losa de cimientos

Descripción del material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	TOTAL
Concreto fundición	m <sup>3</sup>	235	Q 1,200.00	Q 282,000.00
Piedrín 1/2"	m <sup>3</sup>	650	Q 250.00	Q 162,500.00
Varilla No. 4	var	210	Q 42.75	Q 8,977.50
Alambre de amarre	lb	150	Q 5.00	Q 750.00

#### Mano de Obra

Actividad	Unidad	Cantidad	C.u./Albañil	TOTAL
Fundición	m <sup>2</sup>	1555	Q 120.00	Q 186,600.00
Armadura de muro de contención	m <sup>l</sup>	680	Q 25.00	Q 17,000.00

Fundición de losa de cimentación  
y muro de contención de 1.5 m de  
altura

<b>TOTAL MATERIAL</b>	Q 454,227.50
<b>TOTAL MANO DE OBRA/A</b>	Q 203,600.00

#### 4.5.1.2. Costo de soleras hidrófugas

Tabla VI. Costo de soleras hidrófugas

Descripción del Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	TOTAL
Varilla No. 4	var	90	Q 42.75	Q 3,847.50
Varilla No. 2	var	75	Q 9.00	Q 675.00
Alambre de amarre	lb	40	Q 5.00	Q 200.00
Concreto fundición	m <sup>3</sup>	15	Q 1,200.00	Q 18,000.00
Clavo 3"	lb	25	Q 7.00	Q 175.00
Madera	PIE-TABLA	25	Q 220.00	Q 5,500.00

#### Mano de obra

Actividad	Unidad	Cantidad	C.u./Albañil	TOTAL
Armado y fundición de solera hidrófuga	m <sup>l</sup>	170	Q 80.00	Q 13,600.00

Armado y fundición de  
solera hidrófuga

<b>TOTAL MATERIAL</b>	Q 28,397.50
<b>TOTAL MANO DE OBRA/A</b>	Q 13,600.00

### 4.5.1.3. Costo de levantamiento de paredes

Tabla VII. Costo de levantamiento de paredes

Descripción del material	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL
Varilla No. 4	VAR	375	Q 42.75	Q 16,031.25
Varilla No. 3	VAR	575	Q 24.10	Q 13,857.50
Varilla No. 2	VAR	585	Q 9.00	Q 5,265.00
Alambre de amarre	lb	150	Q 5.00	Q 750.00
Concreto fundición	m <sup>3</sup>	45	Q 1,200.00	Q 54,000.00
Block 0.14X.019X0.39	u	14500	Q 4.60	Q 66,700.00
Cemento	Bolsa	185	Q 63.00	Q 11,655.00
Arena de Río	m <sup>3</sup>	25	Q 85.00	Q 2,125.00
Clavo 3"	lb	15	Q 7.00	Q 105.00
Madera	Pie-Tabla	50	Q 220.00	Q 11,000.00

#### Mano de obra

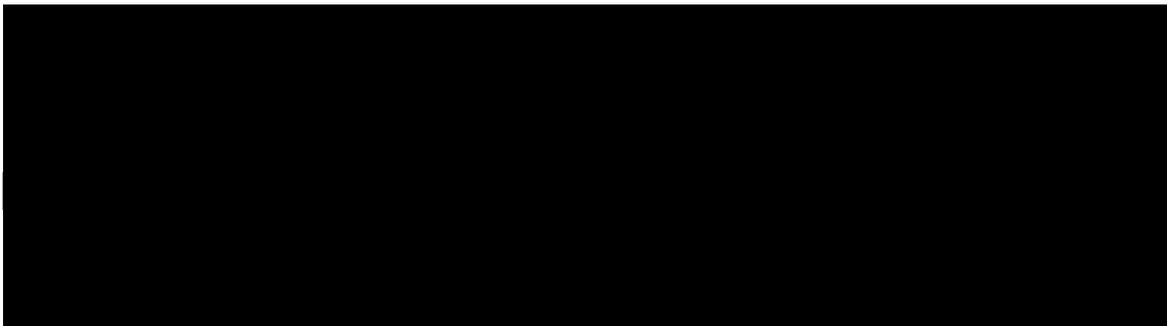
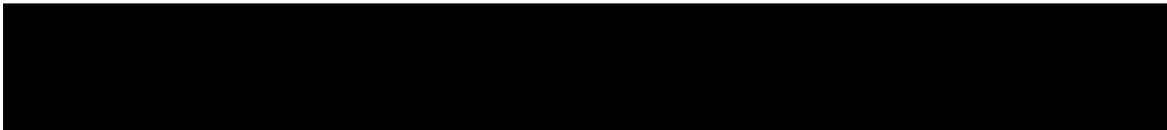
Actividad	Unidad	Cantidad	C.u./Albañil	TOTAL
Armado y fundición de solera intermedia	ml	850	Q 80.00	Q 68,000.00
Andamios	ml	170	Q 14.00	Q 2,380.00
Deshacer andamios	ml	170	Q 7.00	Q 1,190.00
Levantado de block	m <sup>2</sup>	1080	Q 150.00	Q 162,000.00
Armado y fundición de solera final	ml	170	Q 100.00	Q 17,000.00

Levantado de muro,  
formaleatado, armadura y  
fundición

<b>TOTAL MATERIAL</b>	Q 181,488.75
<b>TOTAL MANO DE OBRA/A</b>	Q 250,570.00

### 4.5.1.4. Costo de techo industrial

Tabla VIII. Costo de techo industrial



## 4.5.2. Costo del sistema de refrigeración

### 4.5.2.1. Panelería

Tabla IX. Costo del sistema de refrigeración panelería

Descripción	Medidas	Cantidad	Costo unitario	Total
Paneles	7 x 2 m	140	\$ 1,047.93	\$ 146,710.20

Compra de paneles

<b>TOTAL PANELERÍA</b>	\$ 146,710.20
----------------------------	---------------

### 4.5.2.2. Sistema de compresión

Tabla X. Sistema de compresión

Descripción	Modelo	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL
Compresores de Tornillo marca FRICK	RFX 39	2	\$ 44,436.09	\$ 88,872.18

Compra de equipo para el sistema de compresión

<b>TOTAL COMPRESORES</b>	\$ 88,872.18
------------------------------	--------------

### 4.5.2.3. Sistema de condensación

Tabla XI. Sistema de condensación

Descripción	Modelo	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL
Condensador marca FRICK	ECH 806-103	1	\$ 19,670.37	\$ 19,670.37

Compra de equipo para el sistema de condensación

<b>TOTAL CONDENSADOR</b>	\$ 19,670.37
------------------------------	--------------

#### 4.5.2.4 Sistema de evaporación

Tabla XII. Sistema de evaporación

Descripción	Modelo	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL
Cámara 1: Evaporador marca FRICK	AGHN 050.2H/2A-H0L/16P.M	3	\$ 7,138.16	\$ 21,414.48
Cámara 2: Evaporador marca FRICK	AGHN 080.2H/28-H0L/12P.	3	\$ 16,028.29	\$ 48,084.87

Compra de equipo para el sistema de evaporación

<b>TOTAL EVAPORADORES</b>	\$ 69,499.35
---------------------------	--------------

#### 4.5.2.5 Sistema de tuberías

Tabla XIII. Sistema de tuberías

Descripción	Diámetro	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL
Tubo de acero al carbono sin costura cédula 80	1 pulg	6	Q 185.00	Q 1,110.00
Tubo de acero al carbono sin costura cédula 40	1,5 pulg	7	Q 365.00	Q 2,555.00
Tubo de acero al carbono sin costura cédula 40	6 pulg	6	Q 2,250.00	Q 13,500.00

Compra de materiales para sistema de tuberías

<b>TOTAL TUBERÍAS</b>	Q 17,165.00
-----------------------	-------------

#### 4.5.2.6 Aislamientos

Tabla XIV. Aislamientos

Descripción	Diámetro	Metros	Costo Unitario	TOTAL
Aislamiento para tubo sistema gas caliente	1 pulg	36	Q 250.00	Q 9,000.00
Aislamiento para tubo sistema de descarga	1,5 pulg	42	Q 350.00	Q 14,700.00
Aislamiento para tubo sistema de succión	6 pulg	36	Q 450.00	Q 16,200.00

Compra de equipo para los aislamientos

<b>TOTAL AISLAMIENTO</b>	Q 39,900.00
--------------------------	-------------

#### 4.5.2.7 Tanques de almacenamiento

Tabla XV. Tanques de almacenamiento

Descripción	Modelo	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL
Tanque de Almacenamiento		2	\$ 2,631.58	\$ 5,263.16
Recirculador		1	\$ 3,947.37	\$ 3,947.37

Compra de equipo para el tanque de almacenamiento

<b>TOTAL TANQUE</b>	\$ 9,210.53
---------------------	-------------

#### 4.5.2.8 Sistema eléctrico y de control

Tabla XVI. Sistema eléctrico y de control

Descripción	Observación	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL
Sistema eléctrico y de control	Equipo electrónico y manual	1	\$ 38,560.53	\$ 38,560.53

Compra de equipo para el sistema eléctrico y de control

<b>TOTAL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL</b>	\$ 38,560.53
---	--------------

Descripción	Total \$	Total Q.
Panelería	\$ 146,710.20	Q 1,173,681.60
Sistema de Compresión	\$ 88,872.18	Q 710,977.44
Sistema de Condensación	\$ 19,670.37	Q 157,362.96
Sistema de Evaporación	\$ 69,499.35	Q 555,994.80
Sistema de Tuberías	\$ 2,145.63	Q 17,165.00
Aislamientos	\$ 4,987.50	Q 39,900.00
Tanque de Almacenamiento	\$ 9,210.53	Q 73,684.24
Sistema Eléctrico y de Control	\$ 38,560.53	Q 308,484.24
Diseño e ingeniería	\$ 1,315.79	Q 10,526.32
Pago de técnico (proveedor)	\$ 2,960.53	Q 23,684.24
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 383,932.61</b>	<b>Q 3,071,460.84</b>

<b>COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>	<b>\$ 383,932.61</b>
---	----------------------

#### 4.6. Relación beneficio-costo

Tabla XVII. Relación beneficio - costo

COSTO		
DESCRIPCIÓN	COSTO EN Q.	COSTO EN US \$
Obra civil	Q 1,552,802.50	\$ 194,100.31
Panelería	Q 1,173,681.60	\$ 146,710.20
Sistema de compresión	Q 710,977.44	\$ 88,872.18
Sistema de condensación	Q 157,362.96	\$ 19,670.37
Sistema de evaporación	Q 555,994.80	\$ 69,499.35
Sistema de tuberías	Q 17,165.00	\$ 2,145.63
Aislamientos	Q 39,900.00	\$ 4,987.50
Tanque de almacenamiento	Q 73,684.24	\$ 9,210.53
Sistema eléctrico y de control	Q 308,484.24	\$ 38,560.53
Diseño e ingeniería	Q 10,526.32	\$ 1,315.79
Pago de técnico (proveedor)	Q 23,684.24	\$ 2,960.53
<b>TOTAL</b>	<b>Q 4,624,263.34</b>	<b>\$ 578,032.92</b>

BENEFICIO		
DESCRIPCIÓN	COSTO EN Q.	COSTO EN US \$
A lquiler	Q 90,000.00	\$ 11,250.00
Costo logístico	Q 21,180.00	\$ 2,647.50
<b>TOTAL</b>	<b>Q 111,180.00</b>	<b>\$ 13,897.50</b>

TASA DE CAMBIO Q 8.00 / \$ 1.00

INVERSIÓN INICIAL						
AHORROS	0	1	2	3	4	5
Alquiler		\$135,000.00	\$135,000.00	\$135,000.00	\$135,000.00	\$135,000.00
Costos logísticos		\$31,770.00	\$31,770.00	\$31,770.00	\$31,770.00	\$31,770.00
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>		<b>\$166,770.00</b>	<b>\$166,770.00</b>	<b>\$166,770.00</b>	<b>\$166,770.00</b>	<b>\$166,770.00</b>
COSTOS						
Mano de obra		\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00
Lubricantes		\$1,000.00	\$1,000.00	\$1,000.00	\$1,000.00	\$1,000.00
Filtros		\$400.00	\$400.00	\$400.00	\$400.00	\$400.00
Reparaciones varias		\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00
<b>TOTAL COSTOS</b>		<b>\$3,200.00</b>	<b>\$3,200.00</b>	<b>\$3,200.00</b>	<b>\$3,200.00</b>	<b>\$3,200.00</b>
<b>FLUJO</b>	<b>-\$578,032.92</b>	<b>\$163,570.00</b>	<b>\$163,570.00</b>	<b>\$163,570.00</b>	<b>\$163,570.00</b>	<b>\$163,570.00</b>
DEPRECIACIONES						
Maquinaria	\$379,656.29	\$75,931.26	\$75,931.26	\$75,931.26	\$75,931.26	\$75,931.26
Edificios	\$194,100.31	\$9,705.02	\$9,705.02	\$9,705.02	\$9,705.02	\$9,705.02
<b>TOTAL DEPRECIACIÓN</b>		<b>\$85,636.27</b>	<b>\$85,636.28</b>	<b>\$85,636.28</b>	<b>\$85,636.28</b>	<b>\$85,636.28</b>
<b>FLUJO - DEPRECIACIÓN</b>		<b>\$77,933.73</b>	<b>\$77,933.72</b>	<b>\$77,933.72</b>	<b>\$77,933.72</b>	<b>\$77,933.72</b>
ISR 15%		\$11,690.06	\$11,690.06	\$11,690.06	\$11,690.06	\$11,690.06
<b>FLUJO DESPUES ISR</b>		<b>\$66,243.67</b>	<b>\$66,243.66</b>	<b>\$66,243.66</b>	<b>\$66,243.66</b>	<b>\$66,243.66</b>
<b>FLUJO TOTAL</b>	<b>-\$578,032.92</b>	<b>\$151,879.94</b>	<b>\$151,879.94</b>	<b>\$151,879.94</b>	<b>\$151,879.94</b>	<b>\$151,879.94</b>
<b>VPN</b>	<b>\$548,312.01</b>					
<b>TIR</b>	<b>13%</b>					

El resultado del análisis financiero refleja un ahorro del 40% de lo invertido en un período de cinco años.

## **5. CONSERVACIÓN Y MEJORA CONTINUA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

### **5.1. Plan de mantenimiento preventivo**

Un plan de mantenimiento preventivo se implementa dentro de una planta industrial, con el fin de encontrar y corregir los problemas, antes que estos provoquen fallas. La idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos es incrementar la confiabilidad y extenderles el tiempo de vida.

El mantenimiento preventivo se refiere a acciones llevadas a cabo en períodos previamente programados, tales como reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones y evaluaciones.

En la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, se deben seguir los siguientes pasos:

- Realizar un plan inicial, basado en los manuales de los fabricantes, completarlo con el aporte de los técnicos de mayor experiencia dentro de la planta. La característica principal de este plan es que puede elaborarse con rapidez.
- Una vez elaborado y en funcionamiento el plan de mantenimiento inicial, es decir, cuando los técnicos y todo el personal se ha acostumbrado a la idea de que los equipos hay que revisarlos periódicamente, se debe realizar un plan más avanzado basado en el análisis de fallas de cada uno de los sistemas que componen la planta. Este análisis permitirá no sólo diseñar el

plan de mantenimiento más completo, sino que además permitirá proponer mejoras que eviten esos fallos, crear procedimientos de mantenimiento o de operación y seleccionar los repuestos necesarios.

Elaborar un plan de mantenimiento conlleva bastante trabajo, pero representa muchos beneficios, como lo son:

- Reduce las fallas en los equipos y evita tiempos muertos y de ocio en las áreas de producción
- Incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones
- Incrementa la vida útil de los equipos e instalaciones
- Mejora la utilización de los recursos
- Genera ahorros en el rubro de mantenimiento

Existen en el mercado software especializados en mantenimiento, son herramientas muy útiles para el orden e implementación de los planes. La desventaja que presentan, es el alto costo de las licencias, al igual que los pagos anuales para renovarlas, lo cual restringe su uso para empresas que tengan un bajo presupuesto en el rubro de mantenimiento.

### **5.1.1. Mantenimiento preventivo en las instalaciones físicas**

En los planes de mantenimiento preventivo se incluye el mantenimiento de las instalaciones físicas. Estos planes ayudan a la Empresa a mantener paredes, techos, pisos, estructuras metálicas, persianas de los muelles de



### **5.1.2. Mantenimiento preventivo del sistema de refrigeración**

Los planes de mantenimientos preventivos de los sistemas de refrigeración son muy importantes, especialmente si el giro de negocio de la empresa son productos que necesitan de las bajas temperaturas para manipularse, producirse y almacenarse.

Este plan abarca todo los equipos que componen el sistema de refrigeración. Tiene por objetivo reducir los paros de emergencia por averías o que las temperaturas dentro de las áreas refrigeradas se salgan del rango establecido.

El plan preventivo conlleva un plan de contingencia que logre evitar las subidas de temperaturas en las áreas refrigeradas durante un paro de emergencia. El constante monitoreo de las temperaturas es un procedimiento obligatorio para evitar emergencias que se conviertan en pérdida de producto.

Figura 8. Formato mantenimiento preventivo evaporador

<b>Orden de Trabajo # 179482 emitida:</b>					
MP CMB ANUAL EVAPORADOR (CAMARA 10) S0930					
<b>Hora Inicial de Paro</b>	<b>Hora Final de Paro</b>	<b>Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo</b>			
<b>Estado:</b>	<b>Tipo de O.T. MP</b>	<b>Fec. de inicio prog. 7/20/2010</b>	<b>Supervisor</b>		
		<b>Fecha de fin. prog. 7/20/2010 12:00:00 PM</b>			
<b>Informado:</b>	<b>Contacto tel:</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Problema:</b>		
<b>Ubicación:</b>					
<b>Equipo:</b>					
<b>Cuenta de Gasto</b>					
<b>ID de tarea</b>	<b>Punto de medición</b>	<b>Valor</b>	<b>Fecha</b>	<b>Observaciones</b>	
10	Limpiar y lavar evaporador			_____	
20	Cambiar cojinetes a motores electricos			_____	
30	Revisar Bajadas de alimentacion electrica de motores y resistencias (Que no esten dañados)			_____	
40	Revisar y botarle el hielo en caso de bloqueo			_____	
50	Revisar resistencia para que fluya el agua por la bandeja (cambiar si fuera necesario)			_____	
_____					
_____					
_____					
_____					
_____					
<b>Mano de obra</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Horas planificadas</b>	<b>Horas reales</b>	
TECREFR	Tecnico en Refrigeracion 1 - Experto	1	6	_____	
TECREFR	Tecnico en Refrigeración 2 - Intermedio	1	6	_____	
_____					
_____					
<b>Materiales</b>			<b>Cant. planificada</b>	<b>Cantidad real</b>	
_____					
_____					
_____					
_____					

Figura 9. Formato mantenimiento preventivo compresor

<b>Orden de Trabajo # 237798 emitida:</b>					
MP QUIN CMB COMPRESOR FRICK ALTA S1104					
<b>Hora Inicial de Paro</b>	<b>Hora Final de Paro</b>	<b>Nombre y Firma de responsables de reportar tiempo</b>			
<b>Estado:</b>	<b>Tipo de O.T. MP</b>	<b>Fec. de inicio prog. 1/16/2011</b>	<b>Supervisor</b>		
		<b>Fecha de fin. prog. 1/16/2011 4:00:00 AM</b>			
<b>Informado:</b>	<b>Contacto tel:</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Problema:</b>		
<b>Ubicación:</b>					
<b>Equipo:</b>					
<b>Cuenta de Gasto</b>					
<b>ID de tarea</b>	<b>Punto de medición</b>	<b>Valor</b>	<b>Fecha</b>	<b>Observaciones</b>	
10	Limpiar tableros eléctricos de bombas de refrigerante de torre y compresor			_____	
20	Limpiar tanque separador de aceite			_____	
30	Engrasar cojinetes de motor electrico (Grasa SRI NLGI No.2)			_____	
40	Limpiar filtro de inyeccion de aire de enfriamiento del motor del compresor			_____	
50	Lubricar válvulas de servicio			_____	
60	Limpiar interior del tablero Quantum			_____	
70	Revisar coupling del compresor al motor			_____	
80	Limpiar compresor en general			_____	
90	Limpiar cables de los sensores del compresor			_____	
100	Limpiar exterior e interior de variador del compresor			_____	
110	Lubricar Cojinetes de motor eléctrico de inyeccion de aire			_____	
120	Inspeccionar nivel de aceite (Texaco Capella 68)			_____	
130	Limpiar contactores y bornes de conexion de tablero electrico principal			_____	
<b>Mano de obra</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Horas planificadas</b>	<b>Horas reales</b>	
ELEC2	Electricista Industrial 2 - Intermedio	1	4	_____	
TECREFR	Tecnico en Refrigeracion 1 - Experto	1	4	_____	



### **5.1.3. Frecuencia**

Como parte de las actividades para la elaboración de los planes de mantenimiento preventivo, se deben establecer las frecuencias de los diferentes mantenimientos, esta frecuencia dependerá de las actividades específicas, las partes que se deban reemplazar y el costo del mantenimiento. Se sugiere revisar los manuales de los equipos, ya que los fabricantes incluyen los tiempos de vida útil de los diferentes componentes en los mismos.

### **5.1.4. Recursos**

Es importante establecer los recursos necesarios en cada uno de los mantenimientos, en estos se incluye mano de obra, herramientas, repuestos, lubricantes, insumos auxiliares, etc. Para efectos de costo, es importante definir los recursos, lo que es igualmente importante para prepararse con todo lo necesario y disminuir los contratiempos durante el mantenimiento.

## **5.2. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo, a diferencia del preventivo, se centra en reparar una falla que ya se produjo. Esta clase de mantenimiento se puede dividir en dos subclases:

- a. De emergencia, que se centra en hacer un arreglo provisional del equipo únicamente para terminar el turno de trabajo.
- b. Curativo, donde se hace un arreglo profundo del equipo y se diagnostica la causa o causas del fallo.

Cuando no existe un plan de mantenimiento preventivo, los mantenimientos correctivos son la única forma de mantener los equipos funcionando, esta práctica no es recomendable ya que los equipos se deterioran con facilidad y es muy difícil identificar malas prácticas en la operación del equipo o en el mismo mantenimiento, que permitan mantener un tiempo de disponibilidad aceptable.

#### **5.2.1. Mantenimiento correctivo en las instalaciones físicas**

El mantenimiento correctivo en las instalaciones físicas, busca corregir fallas que se dan debido al desgaste que se genera con el tiempo en los elementos del edificio. En la mayoría de casos las fallas no afectan la operación de la planta pero su corrección representa alguna mejora para un proceso o para el ambiente de trabajo.

#### **5.2.2. Mantenimiento correctivo del Sistema de Refrigeración**

El mantenimiento correctivo en el área de refrigeración debe ser realizado en el menor tiempo posible, ya que son los equipos de mayor importancia dentro de los procesos. Debido a que se trata de mantenimientos sin planificación, al producirse la falla se debe verificar si se cuenta con los recursos necesarios para la reparación, de no contar con los mismos se debe recurrir al plan de contingencia. Esto permitirá contar con el tiempo suficiente para obtener los insumos necesarios para la reparación, por si fuera necesario reparar localmente o incluso traer del extranjero las piezas necesarias.

### **5.2.3. Planificación**

Cuando los equipos fallan no siempre se pueden reparar en el instante, ya sea por falta de insumos o porque la misma operación de la planta no lo permite. En estos casos se debe realizar una planificación para reparar el equipo dañado lo antes posible, sobre todo si es necesaria la colaboración de otros departamentos para que se pueda llevar a cabo el mantenimiento.

### **5.2.4. Recursos**

Los recursos dependerán del equipo que falle y del desperfecto que presente. Lo que se debe tener presente es que el recurso más utilizado será el tiempo, en comparación con un mantenimiento preventivo

## **5.3. Fallas en el Sistema**

Es importante identificar y catalogar cada una de las diferentes fallas que se presentan en los diferentes componentes del sistema esto ayuda a resolver de una manera eficiente las fallas que surjan en el futuro en especial si estas ya se presentaron con anterioridad.

### **5.3.1. Posibles fallas**

Las fallas más comunes en los sistemas de refrigeración son eléctricas por las variaciones en los amperajes los sensores emiten señal de falla. En los condensadores afecta la dureza del agua para su enfriado, ya que provoca incrustaciones. En los evaporadores la falla más común es el bloqueo por hielo, el cual es provocado por infiltraciones de aire caliente cuando las puertas de las cámaras frigoríficas permanecen demasiado tiempo abiertas.

### **5.3.2. Medidas para erradicarlas**

Para erradicar estas fallas es necesario elaborar un plan de acción que puede incluir desde un nuevo procedimiento en el plan de mantenimiento preventivo, hasta concientizar al personal sobre el correcto uso de los equipos.



## **6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **6.1. Repercusiones ambientales en la construcción**

La ejecución de las actividades para la nueva bodega en sus diferentes fases (construcción, operación y mantenimiento), podrá causar diversos impactos sobre los componentes ambientales, ya sea sobre el medio físico, biológico o cultural. En esta parte se identificarán y evaluarán los impactos ambientales potenciales generados en las diferentes fases del proyecto.

Cabe precisar que la identificación y evaluación de impactos ambientales potenciales presentada en esta parte se ha realizado tomando en consideración que las medidas de prevención y mitigación han sido aplicadas previamente.

Los componentes ambientales que pueden ser afectados por la ejecución del proyecto son:

- Aire
- Flora y fauna
- Áreas verdes

El objetivo fundamental del estudio de impacto ambiental es determinar las medidas de mitigación, para garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes y de las buenas prácticas ambientales.

En gran medida el cumplimiento de los programas de protección ambiental depende de las medidas de mitigación de los impactos significativos. Estas, en definitiva, son las que hacen viables las acciones humanas desde el punto de vista del medio ambiente.

Tabla XVIII. **Características del estudio de impacto ambiental**

<b>Etapas del proyecto</b>	<b>Plazo</b>	<b>Objetivos</b>
Construcción, operación y mantenimiento	Corto a mediano plazo	Verificar el cumplimiento de la aplicación de las medidas de protección ambiental.
	Mediano y largo plazo	Verificar la efectividad de las medidas de protección ambiental.
		Verificar que los componentes ambientales evolucionen de acuerdo con lo estimado
		Detectar y prevenir la ocurrencia de efectos ambientales no deseados

Fuente: elaboración propia

### **6.1.1. Contaminación por polvo**

Se deberán minimizar los impactos sobre los trabajadores, el ecosistema, etc. que producen los contaminantes atmosféricos generados por la maquinaria y equipo de operación.

#### **Acciones de mitigación contra la contaminación por polvo**

- Dotar a los trabajadores de equipo de protección cuando las actividades tiendan a generar mucha contaminación por polvo.

- Si se posee temporalmente materiales que generen material particulado, deberán mantenerse totalmente cubiertos.
- Los camiones que transporten los materiales no deberán emitir partículas de contaminación al ambiente.
- Monitoreo de la calidad del aire por polvo durante la construcción.

Indicadores verificables de aplicación: no percibir señales de malos olores, o generación de polvos que contaminen el ambiente.

Etapa de ejecución de la actividad: construcción y post-construcción

#### **6.1.2. Uso de mascarillas**

Las mascarillas contra polvo se usarán al trabajar en ambientes donde se produzcan partículas en suspensión, por ejemplo, en el área de desbroce y excavación de zanjas.

Cuando se requiera, fruto de generación de malos olores, polvo, humo de soldadura, etc., se deberá implementar el uso de mascarillas.

#### **6.1.3. Pérdida de flora y fauna**

Es importante que para la construcción de cualquier tipo de obra civil e industrial se tenga en cuenta los efectos que la obra cause en la flora y fauna del lugar, para ello deberán tomarse en consideración las leyes aplicables existentes.

Se deberá conservar toda área que posea arborización, así como la visual paisajística y el ambiente natural de los cerros que coadyuve a la protección,

mantenimiento y/o mejoramiento de la calidad ambiental, de conformidad con la Ley Forestal y otras disposiciones legales aplicables.

Actividades durante la construcción:

- Cumplir con las medidas de limpieza y remoción de escombros.
- Mantener en la cobertura vegetal alrededor del área de influencia, los desvíos temporales.
- Restaurar el paisaje en el área afectada como medida de mitigación.
- Iniciar el proceso de recuperación de la zona impactada.

#### **6.1.4. Delimitación de áreas verdes**

La población urbana no cesa en crecer y las ciudades muestran importantes signos de tensión ambiental: mala calidad del aire (industria, generación de electricidad, transporte), exceso de ruido, atascos de tráfico, pérdida de zonas verdes, invasión de espacios protegidos, vertidos de agua no depurada y de residuos, insalubridad del agua potable, falta de servicios públicos adecuados, etc.

El establecimiento de estas áreas busca la conformación de una comunidad vegetal que incorpore al ámbito puntual del proyecto un espacio verde y recreativo que alivie escénicamente el entorno del mismo, con los siguientes objetivos:

- Mantener la cobertura vegetal alrededor del área de influencia
- Restaurar el paisaje en el área afectada como medida de mitigación

- Iniciar el proceso de recuperación de la zona de construcción

El establecimiento de estos objetivos se puede realizar dejando la cobertura vegetal existente y protegiendo la vegetación, sembrando plantas que deberán ser cuidadas constantemente.

## **6.2. Repercusiones ambientales en operación de la bodega**

### **6.2.1. Manejo de productos cárnicos**

Para reducir la contaminación en la operación de las bodegas frías, se recomiendan las siguientes medidas:

- a. Reducir la carga de los efluentes, manteniendo todos los desechos sólidos y los líquidos concentrados separados de las aguas de descargas. Esto minimiza la carga de los residuos líquidos y los efectos negativos de algunos compuestos para el tratamiento biológico posterior.
- b. Minimizar el consumo de agua en los procesos relacionados con las bodegas frías.
- c. Controlar el uso de detergentes y desinfectantes en el lavado de las bodegas frías.
- d. Recuperar los sólidos mediante la instalación de rejillas sobre las canaletas de recolección, reduciendo así su concentración en los efluentes líquidos. Lo mismo se puede efectuar para recolectar las grasas y reprocessarlas como subproducto.

### **6.2.2. Trampas de grasa**

Las trampas de grasa se mantendrán en condición de operación eficiente por medio de la eliminación periódica acumulada. La grasa que se retira no debe ser descargada al sistema de drenaje.

La estructura debe limpiarse mínimo dos veces al mes o de manera más frecuente si se considera necesario, para prevenir la salida de grasa al efluente y la generación de malos olores.

La capa de grasas que se acumula en la superficie del agua, se debe retirar de forma manual, utilizando un colador. Las grasas y lodos extraídos deben depositarse en una bolsa plástica y ser llevados al contenedor destinado para su almacenamiento transitorio.

### **6.2.3. Planta de tratamiento de agua**

La planta de tratamiento de agua tiene como finalidad la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.

Debido a que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en tratamientos de potabilización y tratamientos de depuración de aguas residuales, aunque ambos comparten muchas operaciones.

## **Medidas de mitigación de impacto ambiental para la calidad del agua**

Para la calidad de las aguas residuales, esencialmente lo que corresponde a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se requiere cierta estabilización del agua previo a su descarga, de igual manera tiene que hacerse un pre tratamiento relacionado con la corrección del pH para que el agua pueda llenar la calidad de descarga requerida en el actual Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, Acuerdo Gubernativo 66-2005.

- Se debe velar por evitar conexiones cruzadas de drenajes pluviales hacia drenajes sanitarios y viceversa para evitar excesos de carga hidráulica o fenómenos de dilución no deseados en el sistema de tratamiento.
- Se debe dar mantenimiento a las cajas de registro del drenaje sanitario de la empresa, para evitar obstrucciones en los conductos del sistema de tratamiento.
- La empresa deberá realizar el mantenimiento y limpieza periódica del sistema contemplado, como mínimo semestralmente.
- El mantenimiento y limpieza de los sistemas deberá encontrarse a cargo de Ingeniero Sanitario o Profesional en el ramo, con el objeto que se realice de forma sanitaria y a su vez se de una adecuada disposición a los lodos resultantes de la misma.
- Deberá llevarse un registro sobre el mantenimiento del sistema, con el objeto de evaluar su eficiencia de operación y establecer los períodos óptimos de limpieza.

- El sistema de tratamiento deberá monitorearse de acuerdo con el programa propuesto; esto para establecer los períodos óptimos de operación, mantenimiento y limpieza.
- Se recomienda elaborar un Manual de Operación y Mantenimiento del sistema de tratamiento contemplado, con el objeto de establecer tiempos reales y óptimos de operación, limpieza y mantenimiento. Además deberá existir una persona encargada en forma específica de los sistemas.

Los establecimientos deben disponer de un sistema eficaz de evacuación de efluentes y aguas residuales, que deberán mantenerse en buen estado y funcionamiento.

Todos los conductos de evacuación (incluidos los sistemas de alcantarillado y trampas de sólidos y grasas) deben ser suficientemente grandes para soportar cargas máximas y deben construirse de manera que se evite la contaminación del abastecimiento de agua potable y de las instalaciones en general, ya sea por rebalses, reflujos, salpicaduras, residuos de grasa u otros medios.

#### **6.2.4. Emisiones atmosféricas**

Las emisiones al aire no constituyen una preocupación ambiental importante en la operación de bodegas de productos cárnicos. Las principales fuentes generadoras de emisiones atmosféricas dicen relación con la generación de olores molestos, provenientes de la descomposición de los residuos sólidos animales altamente putrefactibles.

Con el propósito de evitar la generación de estos olores, es necesario realizar un adecuado manejo de estos residuos, implementando una adecuada frecuencia de recolección de los residuos y almacenándolos en sitios ventilados, entre otras.

En cualquier actividad industrial, deben tomarse medidas para reducir las emisiones de sustancias y vapores malolientes. Considerando que no siempre estas situaciones pueden mantenerse bajo control, es conveniente que estas plantas se ubiquen lejos de áreas residenciales.

La emisión de malos olores se evita mediante la aplicación de una serie de medidas de manejo de residuos sólidos y mejoramiento del proceso productivo. El tratamiento final o dilución del aire puede ser necesario, recomendándose los siguientes métodos:

- Lavadores de gases: estos lavadores consisten en una torre rellena, en la cual el líquido de lavado fluye hacia abajo y el aire contaminado asciende, siendo absorbido en éste. El líquido puede ser reciclado y finalmente tiene que ser tratado como un efluente líquido.
- Filtro de compósitos: en los filtros de compósitos o biofiltros, los compuestos que dan olor son biodegradados aeróbicamente. Estos compuestos son transferidos al agua en el material del compósito y en seguida, son biodegradados por microorganismos en el agua.

Otros tratamientos para eliminar los olores son la incineración en calderas, adsorción en carbón activado y adsorción en filtros de arcillas.

El uso de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), como refrigerante contribuye a la baja emisiones atmosféricas ya que este refrigerante no daña la capa de ozono ni contribuye al calentamiento global. El amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) es biodegradable y por las características termodinámicas que posee reduce el consumo eléctrico en el funcionamiento del sistema de refrigeración.

Una de las desventajas del amoniaco es su grado de toxicidad para el ser humano al ser inhalado, pero su fuerte olor es una alarma muy efectiva ya que se detecta aún en concentraciones bajas, lo que permite identificar fugas antes de que se convierta en un riesgo para la salud de los colaboradores.

#### **6.2.5. Tratamiento del agua refrigerante**

Para el tratamiento de agua refrigerante en circuitos de refrigeración abiertos y cerrados, el ozono es, por su potencia, el desinfectante más adecuado de entre los utilizados para el tratamiento de aguas. Su alta eficacia está garantizada con cualquier valor de pH del agua refrigerante. Su mayor ventaja radica en que no genera productos derivados no deseados y se descompone por sí solo en oxígeno. Su desventaja es el breve período de desintegración y su mala solubilidad en el agua. Por sus bajos gastos de explotación y sus ventajas ecológicas, se utiliza cada vez más para la desinfección del agua refrigerante. Gracias a su elevado efecto biocida, no ocasiona la formación de resistencias y la presencia de legionelas en el agua refrigerante queda excluida con la presencia del ozono.

Para la protección de los componentes metálicos del circuito de refrigeración se utilizan inhibidores de la corrosión adecuados. Dado que el ozono se descompone en oxígeno inocuo, quedan descartados los problemas ecológicos incluso en aguas refrigerantes muy contaminadas. Su funcionamiento resulta extraordinariamente económico, ya que, aparte de la

energía, el oxígeno del aire o en forma pura y el agua refrigerante, no son necesarios otros medios de producción.

El ozono se puede medir de forma continuada con sensores y esto permite dosificarlo en función a los valores de medición.

#### **6.2.6. Seguridad interna**

La seguridad dentro de las bodegas frías es primordial, para identificar los posibles riesgos y lograr una operación más segura, se realizó un análisis de riesgo en la operación.

Tabla XIX. Análisis de riesgo en la operación

ANÁLISIS DE RIESGO POR OFICIO			
<b>Nombre del puesto:</b> Operario de cámaras frías			
<b>Tarea:</b> Ubicación de materias primas cárnicas			
<b>Departamento</b>	Cámaras	<b>Sección</b>	Materia Prima
<b>Fecha de ejecución</b>	Enero de 2011	<b>Equipo de trabajo para ARO</b>	Yasmín Chapetón, Karla Ramírez
<b>Tipos de accidentes especiales</b>	Caída dentro de la cámara, Golpe por caída de canastas, lesión muscular	<b>Elementos de protección personal requeridos</b>	
	Sobreesfuerzo	Botas antideslizante, Pasamontaña, Guantes de lana, chaleco de lana, chumpa de uniforme para frío, uniforme de trabajo (pantalón, gorro, mascarilla, camisa), casco, cinturón	
Paso	Acciones	Factores de riesgo potenciales	Medidas correctivas
Descargar el producto que ingresa		1. Caída de un mismo nivel 2. Caída de un mismo nivel 3. Golpe por caída de canasta 4. Golpeado contra la canastilla 5. Sobreesfuerzo 6. Caída de un nivel superior 7. Golpeado por una canasta	3. Utilizar siempre el equipo de protección para frío. Utilizar cinturón de seguridad al utilizar el montacargas Utilizar en todo momento casco
Transportar el producto a la cámara	2. Colocar en los racks la tarima.	1. Reacción corporal 2. Caída de un mismo nivel 3. Caída de un nivel superior 4. Sobreesfuerzo	1. Colocar piso antideslizante 2. Utilizar siempre el equipo de protección para frío.
Para entrega		1. Sobreesfuerzo 2. Caída de un nivel superior 3. Contacto con temperaturas Extremas 4. Reacción corporal	1. Verificación de canasta en buen estado 2. Capacitación sobre manejo de carga y prevención lumbar 3. Colocar un máximo de 6 canastas por fila de producto.

Fuente: elaboración propia

### 6.2.7. Rotulación

Las materias primas e ingredientes y los productos cárnicos empacados deben estar permanentemente marcados en clave o en lenguaje claro, identificando, como mínimo, la fábrica productora y el lote. Todos los

empaques del mismo lote deben llevar un número de lote que identifique la producción de un período limitado, y normalmente a la de una “línea” en particular u otra unidad de elaboración.

La etiqueta debe cumplir con lo especificado en la norma COGUANOR NGO 34 039. Etiquetado de productos alimenticios envasados para consumo humano, u otra que la sustituya.

Para la rotulación se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Envase original
- Etiquetas legibles
- Especificaciones del contenido
- Productos químicos correctamente etiquetados y fuera de áreas de proceso

#### **6.2.8. Fugas de refrigerante**

Es necesario tener en cuenta la protección de la capa de ozono, recoger el refrigerante para su reutilización o destrucción, cuando se realiza una reparación o una sustitución de equipos de refrigeración.

Desde hace unos años, se dan instrucciones a los instaladores, con respecto al proceso de vacío. Con esto se ayuda a reducir la descarga de refrigerante a la atmósfera. Debe consolidar el uso del proceso de vacío para minimizar las fugas de refrigerante.

## Fuentes de fugas de refrigerante

- El propósito de la contención y del mejoramiento de los métodos de servicio es la cantidad de refrigerante que se desprende y sale a la atmósfera.
- Si se reducen las emisiones de refrigerante, una ventaja que todos los equipos relucieran drásticamente el uso de los CFC.
- Los técnicos en refrigeración pueden reducir las emisiones de CFC adquiriendo y utilizando equipos de contención subsanando las fugas.

### **6.2.9. Mantenimientos preventivos**

Se pretende minimizar el impacto ambiental por medio de los mantenimientos preventivos, los cuales reducirán el riesgo de fugas, evitara que desechos sólidos lleguen a los afluentes de aguas cercanas. Los mantenimientos preventivos ayudaran a crear un ambiente de trabajo más seguro detectando y reparando problemas dentro de la estructura del edificio que represente un riesgo potencial para los colaboradores.

## CONCLUSIONES

1. El actual sistema logístico de planta tiene algunas áreas de oportunidad, una de las principales es la falta de capacidad para el almacenaje de materia prima, por tal motivo, es necesario el alquiler de una bodega fría fuera de las instalaciones de la planta, provocando el aumento de costos operativos.
2. Actualmente, se cuenta con una bodega fría con capacidad de 1 000 000 de libras y con un volumen de 2 835 metros cúbicos.
3. No existen registros de costos que se hayan derivado de la falta de materia prima disponible dentro de la empresa. Lo cual genera costos de oportunidad que no son posibles de cuantificar por la falta de información.
4. Se demostró que tener una bodega frigorífica fuera de las instalaciones de la empresa, genera costos operativos, logísticos y de alquiler, mayores a los que se incurre al invertir en una bodega propia.
5. El trabajo de graduación aplica, siempre y cuando se cuente con el espacio físico, para la construcción del proyecto en el mismo terreno de la planta.

6. En el diseño de bodegas frías es importante invertir en un buen aislamiento, tanto de tuberías como de las cámaras, ya que esto generará ahorros en equipo de refrigeración.
7. Al momento de diseñar una bodega frigorífica es importante tomar en cuenta el tipo de producto, rotación y temperatura de almacenaje, para así diseñar un sistema de refrigeración óptimo.
8. La construcción de las bodegas frías dentro de la empresa para sustituir las bodegas alquiladas, es financieramente viable y representa un ahorro de US\$ 151 879.00 por año para la organización.
9. Es necesario contar con planes de mantenimiento preventivo para asegurar el buen funcionamiento del sistema de refrigeración y de las instalaciones, aumentando así el tiempo de vida de las bodegas.

## RECOMENDACIONES

1. Es importante la documentación de todos los eventos y costos adicionales a la operación que se deriven de la falta de disponibilidad de materia prima dentro de la Empresa, para calcular el costo de oportunidad.
2. En el área de cámaras frías, contar con el inventario de materia prima basándose en la planificación de producción, para evitar el desabastecimiento a producción por la falta de insumos disponibles dentro de la empresa.
3. La construcción de cámaras frigoríficas en el terreno adyacente, propiedad de la empresa, que según el diseño propuesto tendrá la capacidad de almacenaje equivalente a un 30% más de la capacidad de la bodega fría dentro de la empresa, y las bodegas frías alquiladas. Lo que solucionará la falta de capacidad de almacenaje inmediata.
4. Ejecutar el proyecto propuesto, ya que éste generará un ahorro de US\$ 548 312.00 en un período de cinco años, a partir de su implementación.
5. Elaborar fichas técnicas para los productos cárnicos, donde se incluya la temperatura más adecuada de almacenaje, para optimizar la logística dentro de las nuevas bodegas frías.

6. Dentro del diseño del sistema de refrigeración, se recomienda utilizar como refrigerante el amoníaco (NH<sub>3</sub>), por sus características termodinámicas y su bajo impacto ambiental.
7. Se sugiere la creación de los planes de mantenimiento preventivo, tanto para el sistema de refrigeración como para las instalaciones físicas, previo a la implementación del proyecto.
8. Elaborar un procedimiento para el manejo de desechos sólidos como medida de mitigación al impacto ambiental que podría generarse a partir del funcionamiento de las nuevas bodegas frías.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ANDERSON, M. E. *Refrigeración preguntas y respuestas*. España: Acribia, 1979. 313 p. ISBN: 978-99939-67-51-4.
2. ARRIAZA, Fabiola. "Administración y control de inventarios para una planta productora de alimentos". Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. p. 45-90
3. BOAST, Michael F. G. *Refrigeración*. España: Acribia, 1991. p. 60-65; 259-287 ISBN: 968-26.0300-5.
4. CRUZ, José. "Elaboración de manual de procedimientos para la logística en cuartos fríos, utilizados para productos perecederos y propuesta de manejo de desechos reciclables de la Empresa Alsersa". Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.
5. DE LEÓN, Manuel. "Diseño de un sistema de control de calidad de productos en cuartos fríos en alimentos Holandesa S.A.". Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007.
6. GIRAR, J.P. *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. España: Acribia, 1991. p. 111-135; 245-270; 520-530; 610-650 ISBN: 9788429191844.

7. HERNÁNDEZ GORIBAR, Eduardo. *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*. España: Limusa, 2003. p. 95-110; 300 ISBN: 3652348934500.
  
8. RIOS, Juan E. “Diferencias entre sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes convencionales y los que utilizan refrigerantes ecológicos y análisis de la estructura molecular de los refrigerantes”. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2004.
  
9. SIPPER, Daniel. *Planeación y control de la producción*. México: McGraw-Hill, 1998. p. 450 ISBN: 958-698-001-4.