

**Optimización energética para el sistema de refrigeración del cuarto de almacenamiento de
producto terminado de Avidesa Mac Pollo S.A.**

José Luis González Romero, Oscar Mauricio Rincón Ramírez

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Ingeniería de Refrigeración y Climatización**

Director

Omar Armando Gelvez Arocha

Ingeniero Mecánico

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas
Escuela de Ingeniería Mecánica
Bucaramanga**

2019

Agradecimientos

Queremos manifestar nuestros agradecimientos a todas las personas que durante todo este tiempo de una u otra forma me han apoyado en la consecución de este éxito profesional:

Al director del trabajo de grado Omar Armando Gelvez Arocha, por su experiencia, enseñanza, confianza, orientación, gran sentido humano y por orientarnos y guiarnos en el desarrollo del proyecto.

A todos y a todas aquellas personas que se me escapan en este momento.

Infinitas Gracias...

Contenido

Introducción	19
1. Formulación del problema	19
1.1 Identificación del problema	19
2. Objetivos	20
2.1 Objetivo general	20
2.2 Objetivos específicos	20
3. Justificación de la solución	21
3.1 Procedimiento para la implementar la optimización energética	22
3.2 Selección del área a analizar	22
3.3 Auditoria energética	23
3.3.1 Toma de datos	23
3.3.2 Análisis de datos	23
4. Estado del arte	24
4.1 Equipo y sistemas de frío en productos cárnicos	24
4.1.1 Cadenas de frío	24
4.1.2 Importancia de la cadena de frío	25
4.1.3 Congelación	26
4.1.4 Curva típica de congelación	29
4.1.5 Sistemas de enfriamiento	31
4.1.5.1 Congelamiento por ráfaga o aire forzado	31
4.1.5.2 Cuartos fríos	32
4.1.5.3 Sistema de refrigeración (equipos).	35

5. Línea de producción planta de beneficio Avidesa Mac Pollo Floridablanca, Santander	50
5.1 Proceso planta de beneficio	51
5.2 Selección de cámara frigorífica de estudio	56
5.3 Información técnica cuarto de almacenamiento de producto terminado Avidesa Mac Pollo	56
5.4 Información técnica de equipos empleados cuarto de almacenamiento de producto terminado de Avidesa Mac Pollo.	60
5.4.1 Equipos de refrigeración	60
5.4.2 Equipos de medición y control iniciales.	68
6. Análisis de carga térmica en cuarto de almacenamiento.	69
6.1 Temperatura ambiente de diseño	70
6.2 Bases para el cálculo	71
6.3 Datos del producto	72
6.4 Cargas misceláneas	73
6.5 Transmisión por cargas en las paredes	78
6.6 Transmisión por infiltración	79
6.7 Carga del producto	82
6.8 Suma de cargas	83
6.9 Calculo de cargas utilizando el software keeprite design	84
7. Optimización energética del cuarto de almacenamiento para despacho Avidesa Mac Pollo	84
7.1 Monitoreo de parámetros de los equipos	86
7.1.1 Instalación de transformador de corriente de precisión. (NUEVO)	88
7.1.2 Instalación de multímetro digital LOVATO DMG610. (NUEVO)	90
7.1.3 Instalación de termopar PT-100. (Nuevo).	91
7.1.4 Instalación de convertidor de señales análogas a digital. (Nuevo).	97

7.1.5 Instalación de pantalla HMI para visualización y control de parámetros del cuarto (nuevo).	98
7.2 Adecuaciones locativas y mejoras de logística	101
7.2.1 Instalación de cortinas de aire. (Nuevo).	101
7.2.2 Instalación de recámara para sistema de despacho del producto. (Nuevo).	103
7.2.3 Distribución de producto en cuarto de conservación. (Mejora logística).	105
7.2.4 Mejora de distribución.	106
7.3 Cambios en el sistema de refrigeración	107
7.3.1 Cambio en el refrigerante utilizado en el proceso (nuevo).	107
7.3.1.1 Gas refrigerante R-22 (existente).	108
7.3.1.2 Gas refrigerante R-507 (nuevo).	109
7.3.2 Propiedades termodinámicas a tener en cuenta.	112
7.3.3 Propiedades físicas y químicas	112
7.3.4 Comparativo entre el R-22 y el R-507	113
7.4 Recopilación de datos. (nuevo)	118
7.4.1 Datos monitoreados antes de realizar las mejoras.	118
7.4.2 Datos monitoreados después de realizar las mejoras.	122
8. Análisis costo beneficio del ahorro energético del cuarto de producto terminado de la planta de beneficio de Avidesa Mac Pollo S.A.	124
8.1 Análisis del efecto de las modificaciones realizadas	130
8.2 Análisis de consumo energético	132
9. Identificación de los recursos necesarios.	133
9.1 Presupuesto	134
10. Conclusiones	135

Referencias Bibliográficas

137

Lista de Figuras

Figura 1. Cadena de frío.	25
Figura 2. Distribución y mercadeo.	26
Figura 3. Categorías de congelación.	28
Figura 4. Curva de congelación.	30
Figura 5. Cuarto frío Avidesa Mac Pollo S.A	33
Figura 6. Cuarto frío y sección de panel en poliuretano.	35
Figura 7. Ciclo básico de refrigeración.	37
Figura 8. Tipos de compresores.	40
Figura 9. Compresor recíprocante abierto (Trane).	43
Figura 10. Máquina frigorífica de compresor alternativo abierto (Trane).	43
Figura 11. Vista en corte de compresión hermético (Trane).	44
Figura 12. Esquema de un compresor hermético de dos cilindros.	45
Figura 13. Máquina refrigeradora de compresor alternativo semi-hermético (Trane).	46
Figura 14. Condensador enfriado por aire.	48
Figura 15. Condensador evaporativo.	49
Figura 16. Condensador enfriado por agua.	50
Figura 17. Ubicación planta beneficio AVIDESA MACPOLLO S.A	51
Figura 18. Esquema del proceso de beneficio avícola.	55
Figura 19. Histórico del cuarto.	58
Figura 20. Datos de temperatura Floridablanca.	58
Figura 21. Distribución del cuarto de almacenamiento.	59
Figura 22. Compresor máquina 1	60

Figura 23. Compresor máquina 2	61
Figura 24. Compresor máquina 4.	62
Figura 25. Unidades condensadoras.	63
Figura 26.unidades evaporadoras.	64
Figura 27. Tabla fabricante con las características del evaporador.	65
Figura 28. Unidades evaporadoras máquina 4.	66
Figura 29. Tabla fabricante con las características de evaporador	67
Figura 30. Características y descripción data Logger (ilog)	68
Figura 31. Formato H-ENG 3.1 manual técnico de BOHN.	69
Figura 32. Distribución del cuarto frio.	71
Figura 33. Tabla de condiciones de almacenamiento de producto (manual BOHN)	72
Figura 34. Descripción cargas misceláneas.	73
Figura 35. Tabla de calor equivalente de motores eléctricos.	74
Figura 36. Tabla de carga producida por personal involucrado	75
Figura 37. Tabla de carga por equipo montacargas.	77
Figura 38. Transmisión por carga de paradas.	78
Figura 39.Tabla de carga de transmisión por paradas del cuarto	78
Figura 40. Carga por cambios de aire.	79
Figura 41.Recomendaciones de humedad y conservación del producto (tabla manual BOHN)	80
Figura 42.Cargas terminas por infiltraciones.	81
Figura 43. Carga térmica del producto	82
Figura 44. Imagen de la interfaz de cálculo de KeepRite.	84
Figura 45.Instalación de equipos de control para la optimización del cuarto.	87
Figura 46.Transformadores de corriente.	88

Figura 47. Transformadores de corriente CTS cerrado.	89
Figura 48. Equipo multímetro digital marca LOVOTODMG-610	90
Figura 49. Tablero instalación de multímetro digitales.	91
Figura 50. Termo registro data Logger (existente)	92
Figura 51. Termopar con cabezote de aluminio rango (-40° a 700°C)	93
Figura 52. Instalación de PT-100 número 1 y 2	94
Figura 53. Instalación PT-100 número 3	95
Figura 54. Instalación PT-100 en pared de cámara número 5	96
Figura 55. Instalación de PT-100 en antecámara.	96
Figura 56. instalación de PT-100 puertas de despacho	97
Figura 57. Convertidor de señales análogas RENU	98
Figura 58. Visualización de los valores PT-100 del cuarto de almacenamiento.	99
Figura 59. Configuración pantalla HMI	99
Figura 60. Panel HMI (DOP B07 S411)	100
Figura 61. Instalación de cortinas de aire en zona de despacho del producto	101
Figura 62. Especificaciones de cortinas de aire en muelles de carga marca MARS	102
Figura 63. Interfaz de cálculo y valor de la carga de infiltración sin cortinas de aire.	102
Figura 64. Interfaz de cálculo y valor de la carga de infiltración con cortinas de aire.	102
Figura 65. División de recamaras cuarto de almacenamiento y despacho	104
Figura 66. Sección de recámara cuarto de almacenamiento	104
Figura 67. Sistema de puertas de recámara	105
Figura 68. Distribución del producto en cuarto de almacenamiento	106
Figura 69. Nueva distribución de sistema de canastas.	107
Figura 70. Fórmula química del gas refrigerante R-22	108

Figura 71. Formula de gas refrigerante HFC R-507a.	110
Figura 72. Grafico P-V proceso de refrigeración.	115
Figura 73. Tabla de propiedades termodinámica de refrigerante R-22 y R-507a.	117

Lista de Tablas

Tabla 1. Balance para optimización energética.	21
Tabla 2. Categorías de evaporadores.	47
Tabla 3. Características cuarto a seleccionar.	56
Tabla 4. Descripción compresor máquina 1.	60
Tabla 5. Descripción compresor máquina 2.	61
Tabla 6. Especificaciones mecánicas, eléctricas y rendimiento máquina 4	62
Tabla 7. Datos técnicos unidades evaporadoras	64
Tabla 8. Datos técnicos unidad evaporadora máquina 4.	66
Tabla 9. Datos técnicos Data Logger.	68
Tabla 10. Condiciones térmicas internas y externas del cuarto.	70
Tabla 11. Configuración paredes y techo del cuarto frío.	72
Tabla 12. Elementos de generación de cargas misceláneas.	73
Tabla 13. Sumatoria de cargas producidas por los motores del cuarto.	74
Tabla 14. Tabla guía de temperatura de refrigeración.	76
Tabla 15. Resumen total de cargas misceláneas.	77
Tabla 16. Carga térmica producto de las paradas del cuarto.	79
Tabla 17. Calor removido.	81
Tabla 18. Resumen cargas térmicas cuarto frío de almacenamiento.	83
Tabla 19. Descripción transformadores de corriente.	88
Tabla 20. Características del panel de operación delta DOP –B07 S411	100
Tabla 21. Propiedades termodinámicas y físicas del gas refrigerante R-22	109
Tabla 22. Propiedades termodinámicas y físicas del gas refrigerante R-507a	111

Tabla 23. Propiedades termodinámicas de refrigerantes.	113
Tabla 24. Temperaturas características de los refrigerantes.	114
Tabla 25. Datos de volúmenes específicos de diferentes refrigerantes.	115
Tabla 26. Datos monitoreados antes de la mejora (anexo 3).	119
Tabla 27. Aplicaciones de sistema refrigerados, temperaturas recomendadas	121
Tabla 28. Datos de monitoreo después de la mejora.	122
Tabla 29. Valores de condiciones térmicas y de potencia en cuarto antes de mejora.	126
Tabla 30. Valores de condiciones térmicas y de potencia en cuarto después de mejora.	128
Tabla 31. Valores a analizar antes.	130
Tabla 32. Resultados después.	130
Tabla 33. Análisis costo beneficio.	132
Tabla 34. Presupuesto.	134

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD y puede visualizarse en la base de datos de biblioteca de la UIS)

Apéndice A. Tablas de temperatura IDEAM

Apéndice B. Cálculo de cargas con KeepRite

Apéndice C. Equipos del sistema de Monitoreo

Apéndice D. Lecturas de monitoreo cuarto de almacenamiento

Apéndice E. Presupuesto

Resumen

TITULO: OPTIMIZACIÓN ENERGETICA PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL CUARTO DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO DE AVIDESA MAC POLLO S.A.*

AUTORES: JOSÉ LUIS GONZÁLEZ ROMERO
OSCAR MAURICIO RINCÓN RAMÍREZ **

PALABRAS CLAVES: Cuarto de almacenamiento, Optimización, Ahorro Energético, Monitoreo de parámetros, Análisis costo – beneficio.

CONTENIDO:

El desarrollo de esta monografía muestra un modelo de optimización basado en el análisis energético para el cuarto de almacenamiento de producto terminado de la planta de Beneficio, que actualmente pertenece a la empresa avícola santandereana Avidesa Mac pollo S.A, como respuesta a la necesidad de generar una mejor temperatura de producto final que garantice la inocuidad y calidad al consumidor a través de las mejoras necesarias a nivel de locación, logística y sistemas de refrigeración, con el objetivo de encontrar los mejores resultados económicos y disminuir el consumo de energía.

La metodología utilizada está expuesta en cuatro fases de estudio, en la primera se realiza la instalación de un sistema de monitoreo de parámetros como lo son temperatura y energía consumida. En la segunda fase se realiza un monitoreo de los valores en los parámetros actuales del cuarto en funcionamiento y se documentan. En la tercera fase se diseñan y proponen las mejoras tanto locativas, logísticas y en los sistemas de refrigeración para optimizar el cuarto de almacenamiento. En una última fase se realiza un segundo monitoreo de los parámetros ya mencionados después de las mejoras con el fin de realizar el análisis costo - beneficio.

Este modelo de optimización energética es aplicable a cualquier otro cuarto de almacenamiento con el fin de lograr ahorros y mejoras dentro de la compañía.

*Monografía de grado

**Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Ingeniería de Refrigeración y Climatización.

Director Del Proyecto Ing. Omar Armando Gélvez Arocha.

Summary

TITLE: ENERGY OPTIMIZATION FOR THE REFRIGERATION SYSTEM OF THE STORAGE ROOM OF FINISHED PRODUCT OF AVIDESA MAC POLLO S.A. *

AUTHORS: JOSÉ LUIS GONZÁLEZ ROMERO
OSCAR MAURICIO RINCÓN RAMÍREZ **

KEY WORDS: Storage room, Optimization, Energy Saving, Parameter monitoring, Cost-benefit analysis.

CONTENT:

The development of this monograph shows an optimization model based on the energy analysis for the storage room of finished product of the Benefit plant, which currently belongs to the poultry company from Santa Aderesa Mac pollo SA, in response to the need to generate a better temperature of the final product that guarantees safety and quality to the consumer through the necessary improvements at the level of location, logistics and refrigeration systems, with the aim of finding the best economic results and reducing energy consumption.

The methodology used is exposed in four phases of study, in the first one the installation of a monitoring system of parameters such as temperature and energy consumed is carried out. In the second phase, the values in the current parameters of the room in operation are monitored and documented. In the third phase the improvements are designed and proposed both locative, logistic and cooling systems to optimize the storage room. In a last phase, a second monitoring of the parameters already mentioned after the improvements is carried out in order to perform the cost-benefit analysis.

This energy optimization model is applicable to any other storage room in order to achieve savings and improvements within the company.

* Grade monograph

** Faculty of Physical - Mechanical Engineering. Specialization in Refrigeration and Air Conditioning Engineering.
Project Manager Ing. Omar Armando Gélvez Arocha.

Introducción

La importancia en la conservación de los alimentos por medio de la industria de la refrigeración se ha convertido en una actividad cotidiana y necesaria. Para lograr dicho objetivo se requiere de realizar una transformación de la energía de manera eficiente en donde se genere un menor impacto ambiental como económico.

Es por eso que las empresas encargadas en los procesos industriales en donde se involucren equipos de refrigeración buscan optimizar sus procesos utilizando dispositivos más automatizados en donde se requiera el encendido del ciclo de refrigeración solo y estrictamente cuando sea necesario.

Velar por el ahorro energético es un compromiso diario y el cual ha estado evolucionando constantemente debido a la gran demanda que se ve día a día de los alimentos refrigerados obligando a las empresas involucradas en el sector, mejorar sus procesos en calidad y técnica para entregar al cliente un producto con las mejores calidades de higiene y con el mínimo costo en su proceso.

1. Formulación del problema

1.1 Identificación del problema

Debido a la importancia de la conservación de productos en la industria avícola, la necesidad de la refrigeración se hace inherente durante el proceso de producción y distribución para entregar un producto de alta calidad al público. Los sistemas de refrigeración para conservación en cuartos fríos para almacenamiento de producto requieren de una gran capacidad de extracción de calor y

de equipos que respondan de forma eficiente a esta y a las demás condiciones que afectan la variación de la temperatura en la zona tal como lo son la apertura constante de puertas y muelles de carga, el exceso de producto en el cuarto, la distribución de producto y ubicación de los equipos.

Esta variación de la temperatura se presenta como un aumento de la misma en la cámara donde se almacena el producto, lo que conlleva a un esfuerzo mecánico de los equipos por cumplir con las condiciones establecidas y por consiguiente un aumento en el consumo de energía eléctrica necesaria para cumplir con dicho esfuerzo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Optimizar el consumo energético del sistema de refrigeración del cuarto de almacenamiento de producto terminado de la planta de Beneficio de Avidesa Mac Pollo S.A.

2.2 Objetivos específicos

- Seleccionar la cámara de refrigeración que más consumo energético produce para realizar el estudio de optimización.

- Realizar las mediciones de consumo al diseño actual para conocer cuál es el estado energético del sistema de refrigeración en la cámara de almacenamiento.

- Implementar la estrategia de ahorro energético más efectiva basada en el control de la temperatura de la cámara.

- Analizar los datos obtenidos después de la implementación.

- Realizar un análisis costo beneficio entre los datos obtenidos en el estado de diseño inicial del sistema y los que se obtuvieron después de la implementación.

3. Justificación de la solución

Con el alto consumo de energía eléctrica y el costo económico que esta representa para Avidesa Mac Pollo S.A se hace necesario buscar alternativas de ahorro de acuerdo al área de la empresa y a los parámetros que se pueden controlar para lograr esto. La refrigeración representa aproximadamente el 60% del consumo eléctrico total de la planta de beneficio y sus cuartos de refrigeración para la entrega del producto final que funciona 24 horas/día, los que son claramente una prioridad en la búsqueda de una optimización que permita a través de la medición, análisis, evaluación y propuesta de estrategias desarrollar un modelo aplicable a las cámaras, para disminuir los costos económicos pagados en KW-h.

Tabla 1.

Balance para optimización energética.

BALANCE PARA LA OPTIMIZACION ENERGETICA.	
ACTUAL	PLAN DE OPTIMIZACIÓN
No se tiene definido, ni medido por áreas el consumo actual de Kw/h en las máquinas.	Definir los consumos existentes por equipos y por zonas con el fin de conocer cuántos Kw/h gasta cada uno.
No se conoce que variables en los cuartos genera más gasto energético y porque?	Establecer la relación entre las variables que afectan el consumo y las afectaciones que generan.

BALANCE PARA LA OPTIMIZACION ENERGETICA.

No se tienen estrategias para la optimización de la energía en la planta.	Plantear estrategias y seleccionar la mejor que funcione como un modelo aplicable a todos los cuartos.
---	--

Se tienen equipos muy antiguos funcionando.	Buscar la alternativa de reemplazarlos por equipos de alta eficiencia.
---	--

No hay una relación costo beneficio establecida.	Hacer una relación costo beneficio que permita evaluar el diseño básico y el ahorro con respecto al modelo optimizado.
--	--

El refrigerante utilizado está cerca a incumplir con las normas ambientales establecidas.	Realizar el cambio del refrigerante sin reducir la eficiencia energética actual.
---	--

3.1 Procedimiento para la implementar la optimización energética

En concordancia con los objetivos de la gerencia en la búsqueda de ahorro en el consumo de energía eléctrica para las plantas de Avidesa Mac Pollo S.A. se presentó una propuesta encaminada a ese fin, la cual es aceptada con el propósito de que todas las dependencias de la empresa trabajen de la mano buscando este objetivo.

3.2 Selección del área a analizar

Una vez aprobada la propuesta se hace necesario establecer las dependencias encargadas y las áreas que van a manejar.

Las dependencias y sus áreas son:

- **Mantenimiento Electromecánico:** Áreas de Matanza, Eviscerado, Desprese, Empaque y transporte de producto.

- **Mantenimiento Refrigerado:** Áreas de Congelado de presa, enfriamiento de áreas de proceso y refrigeración de cámaras de almacenamiento para disposición final

3.3 Auditoria energética

Debido a que el área a trabajar es de mantenimiento refrigerado se escoge de estas el cuarto de mayor criticidad teniendo en cuenta lo siguiente:

- Es la cámara de mayor almacenamiento de las plantas.
- Es la que más equipos requieren para desempeñar su función.
- En comparación con las otras cámaras es la que más potencia requiere.
- Es la encargada de mantener las condiciones de calidad del producto (consistencia, color, pérdida de agua o merma) antes de su disposición final y entrega para consumo.

3.3.1 Toma de datos. Se realizará la recopilación de datos para cada máquina que conforma la cámara de refrigeración a través de las líneas de alimentación del sistema, en este caso un sistema trifásico usando transformadores de corriente tipo anillo marca Lovato en cada línea.

Los transformadores de corriente se conectarán a un medidor de energía por máquina y este entregará las variables y sus datos a una pantalla de adquisición la cual permitirá el almacenamiento y visualización de los mismos para determinar el estado inicial del sistema en cuanto al consumo energético.

3.3.2 Análisis de datos. Una vez analizado el comportamiento de la temperatura y el consumo energético del diseño inicial se deben plantear las estrategias de control para seleccionar cual es la más efectiva respecto al ahorro de energía.

Se implementará la mejor estrategia de control en base a la relación temperatura consumo, con el fin de hacer una nueva recopilación de datos.

Una vez obtenidas las nuevas mediciones se realizará el análisis comparativo para obtener el ahorro real a través de la relación costo beneficio.

Se genera el informe correspondiente y se presenta tanto a la universidad como a la empresa para mostrar los resultados obtenidos durante la optimización y continuar con las demás áreas de la empresa.

4. Estado del arte

4.1 Equipo y sistemas de frío en productos cárnicos

4.1.1 Cadenas de frío. La cadena de frío Figura 1. Consiste en el control de temperaturas de refrigeración o congelación de manera continua en cada fase de conservación de las canales de pollo, desde el enfriado durante el procesamiento hasta su consumo o preparación por el consumidor final.

La cadena de frío consta de control de temperatura en los siguientes puntos:

- Enfriado durante el procesamiento.
- Almacenamiento en el centro de producción.
- Distribución.
- Almacenamiento en frigorífico y punto de venta.
- Almacenamiento en el hogar.



Figura 1. Cadena de frío.

4.1.2 Importancia de la cadena de frío. La imposibilidad de generación de microorganismos perjudiciales para la salud en el ciclo del proceso del pollo depende de la conservación de la cadena de frío durante las fases de almacenamiento y comercialización hasta antes del consumo y/o preparación. Los puntos más sensibles de la cadena de frío son el transporte y distribución a los siguientes eslabones de la cadena, ya que durante la carga y descarga existen variaciones de temperatura muy considerables, aun contando con los controles adecuados, y en el peor de los casos estos controles no existen.

Para conservar la cadena de frío es necesario evitar variaciones de temperatura en las cámaras frigoríficas, ya que las bacterias *mesófilas* y *psicrófilas* se multiplican rápidamente bajo estas condiciones, provocando alteración de las canales y pérdida de la inocuidad.

Clasificación de acuerdo con su óptimo de temperatura



Figura 2. Distribución y mercadeo.

Es fundamental un monitoreo constante de la temperatura, para lograrlo existen instrumentos de medición como sensores, termógrafos, que permiten guardar una gran cantidad de lecturas de temperatura durante periodos prolongados, con la ventaja de que estos dispositivos pueden colocarse entre el producto para monitorear los rangos de temperatura a los que están expuestos los productos avícolas.

4.1.3 Congelación. El congelar es un método de preservación de alimentos que retarda los cambios físicos, químicos y microbiológicos que causan el deterioro de los alimentos. La reducción de la temperatura retarda la actividad molecular y microbiana en alimento, ampliando así la vida útil al almacenarlos.

Aunque cada producto tiene una temperatura ideal e individual de almacenaje, la mayoría de los productos alimenticios congelados se almacenan en 0 a -30°F (-18 a -35 °C).

El congelar reduce la temperatura de un producto de temperatura ambiente al nivel del almacenaje y cambia la mayor parte del agua en el producto a hielo.

Cualquier equipo de congelación debe ser pensado para acomodarse a las tres etapas del proceso térmico de congelación:

- Pre congelación.
- Congelación.
- Reducción a la temperatura de almacenamiento.

Se pueden agrupar estos equipos en categorías Figura 3., en función de transmisión térmica:



Figura 3. Categorías de congelación.

Cada tipo de equipo conviene más o menos a varios productos. Los congeladores de aire forzado son aplicables a cualquier tipo de producto, embalado o no; los aparatos de contacto exigen bloques de forma regular o bien con un envoltorio líquido; la inmersión conveniente sobre todo a productos

embalados; los congeladores a vapor perdido se utilizan esencialmente para productos congelados rápidamente individualmente (IQF- INDIVIDUAL QUICK FREEZING).

4.1.4 Curva típica de congelación. Debemos tener claridad del comportamiento del proceso de congelamiento del producto distribuido en las siguientes 3 (tres) fases:

1. El enfriamiento, que quita calor sensible, reduciendo la temperatura del producto al punto de congelación.
2. Retiro o remisión del calor latente de fusión del producto, cambiando el agua a cristales de hielo.
3. El enfriamiento continuo debajo del punto de congelación, que quita más calor sensible, reduciendo la temperatura del producto a la temperatura deseada u optima del almacenaje congelado.

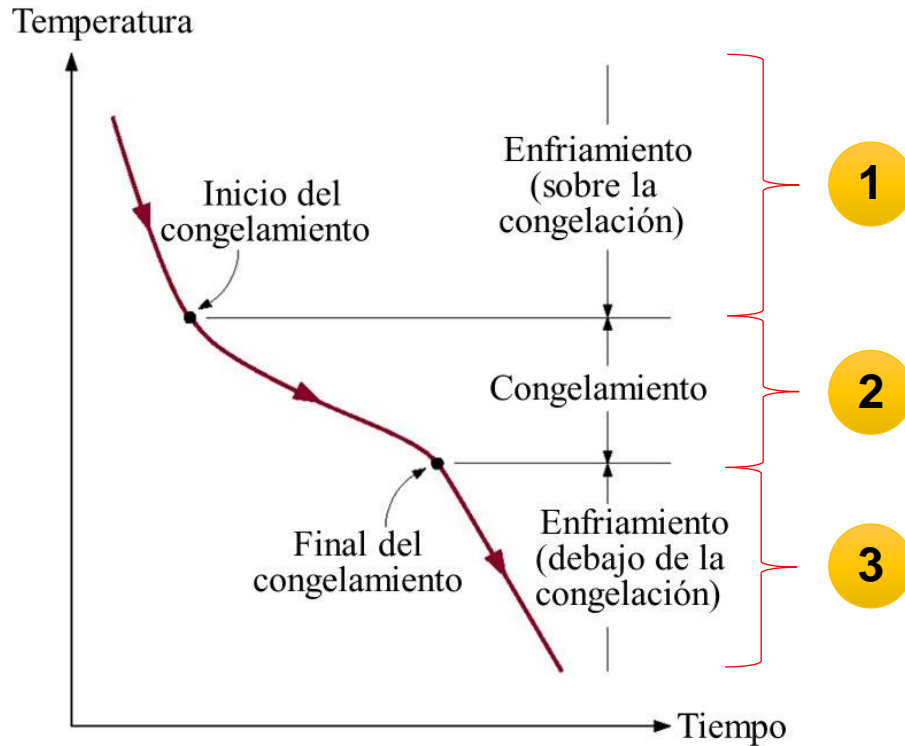


Figura 4. Curva de congelación.

La parte más larga del proceso de congelación es quitar el calor latente de la fusión mientras que el agua se transforma en hielo. Muchos alimentos son sensibles al índice de congelación, que afecta la producción (por deshidratación), la calidad, su valor alimenticio y las características sensoriales. La técnica y el sistema de congelación seleccionados pueden así tener impacto económico importante. Al seleccionar técnicas y los sistemas de congelación para los productos específicos, considerar los requisitos de manejo, la capacidad, los tiempos de congelación, la calidad, la producción, el aspecto, el coste inicial, los gastos de operación, la automatización y la disponibilidad de espacio.

4.1.5 Sistemas de enfriamiento. Los sistemas de enfriamiento se pueden agrupar de la siguiente manera por su método básico de extraer calor de productos alimenticios.

4.1.5.1 Congelamiento por ráfaga o aire forzado. Los congeladores de ráfaga utilizan el aire como el medio de transferencia térmica y dependen del contacto entre el producto y el aire. El aire remueve o quita el calor del producto y lo lanza a un intercambiador de calor de aire/refrigerante antes de ser recirculado. El congelamiento por batch o lotes es utilizado ampliamente, los congeladores más sofisticados son los que integran cadenas de producción continua. Los tipos más utilizados para el proceso de refrigeración son:

Batch o Lote (discontinuo).

- Cámaras frigoríficas. }
- Células inmóviles.
- Con carros para empujar.

Continuo o línea de proceso.

- Banda recta (de dos fases o múltiples pasos).
- Camas o lechos fluidizados.
- Bandas Fluidizadas.
- Bandas en espiral.

4.1.5.2 Cuartos fríos. Las instalaciones refrigeradas corresponden a cualquier edificación o sección de un edificio que alcance las condiciones de almacenaje controladas usando la refrigeración.

Vamos a dar énfasis en este tipo de sistema de enfriamiento ya que es el motivo de estudio para el proyecto a ejecutar. Dos instalaciones típicas del almacenaje son:

- Los refrigeradores que protegen materias en las temperaturas generalmente sobre 32° F (0 °C) o temperatura media.
- Los cuartos de bajas temperaturas (congeladores) que funcionan por debajo de los 32° F (0 °C) para mantener o ampliar la vida del producto.

Las condiciones dentro del recinto refrigerado cerrado se deben mantener para preservar el producto almacenado. Esto se refiere particularmente a la vida útil y el almacenamiento de larga duración.

Para esto se debe tener en cuentas las siguientes consideraciones:

- Temperaturas uniformes.
- Distancia del flujo de aire y choque del aire de circulación del producto almacenado.
- Efecto de la humedad relativa.
- Efecto del movimiento del personal dentro del cuarto.
- Ventilación controlada.
- Temperatura a la que ingresa el producto.
- Duración de almacenaje.
- Temperatura de salida del producto.
- Trafico dentro y fuera del cuarto.

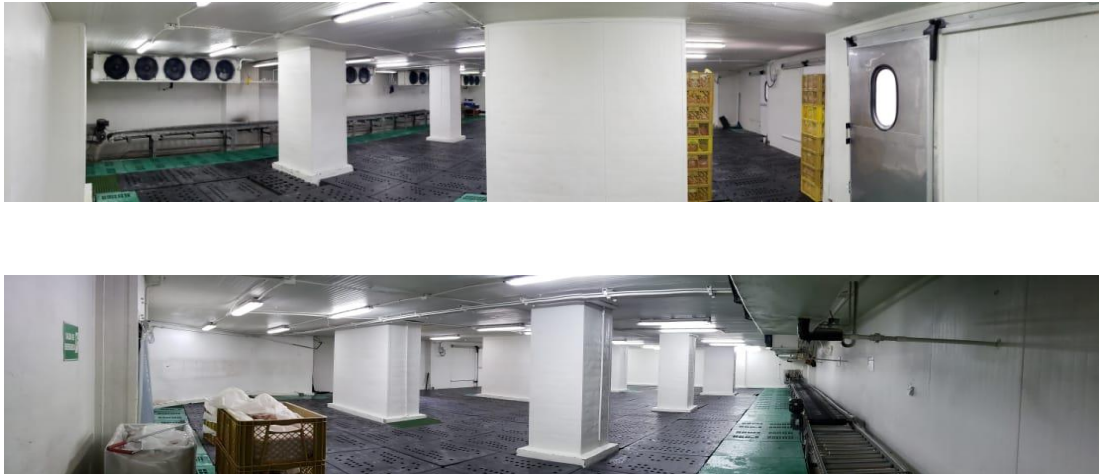


Figura 5. Cuarto frío Avidesa Mac Pollo S.A

Función.

Para el funcionamiento de un almacén, instalación frigorífica o refrigerada es de vital importancia que sea diseñada para ofrecer el volumen requerido y la temperatura (el frío) necesario para el almacenamiento o conservación. Es conveniente considerar establecer las cámaras inmediatas o con acceso a carretera, líneas ferroviarias o muelles, bandas facilitando acceso directo a las instalaciones.

Actualmente los cuartos fríos se construyen frecuentemente utilizando paneles aislantes prefabricados fijados sobre estructura de acero u hormigón (concreto). El aislamiento se puede colocar en el exterior o en el interior de la estructura; al hacerlo por el exterior envuelve la edificación sin discontinuidad, eliminando las dificultades que trae un techo aislado suspendido; también el aislamiento está protegido contra daños interiores por la estructura; el aislamiento exterior facilita reparaciones y ampliaciones.

Diseño de cuartos fríos

Se debe definir claramente las funciones atribuidas al diseño de la instalación refrigerada, estableciendo actividades diarias medias y máximas consideradas, como las consideraciones antes anotadas:

- Cantidad a recibir de producto.
- Temperatura del producto.
- Máximo número de personas y carros operando en simultáneo.
- Número de apertura de puertas previsto.
- Máxima cantidad de productos que sale de la cámara o almacén.
- Temperatura ambiente máxima considerada.

Los elementos anteriores se tienen en cuenta en el cálculo de las necesidades máximas de frío. La diferencia entre la temperatura de la superficie de depósitos fríos y la temperatura de la cámara debe de ser pequeña, alrededor de 6° C.

Aislamientos

El costo del aislamiento en un cuarto frío normalmente representan una parte muy importante en la construcción, se debe considerara para lograr reducción de costos en este rubro. La eficacia del aislamiento o coeficiente K influye sobre el clima (°T y HR) del almacenamiento, ya que el calor penetra a través de las paredes. Los materiales del aislamiento, tales como: poliestireno, poliuretano y material fenólico, se han probado satisfactoriamente cuando están bien instalados con retardador apropiado de vapor y acabados con materiales que proporcionan la protección contra los incendios y una superficie sanitaria. La selección del material apropiado del aislamiento se debe basar sobre todo en la economía del aislamiento instalado, incluyendo el acabado, el saneamiento y protección contra incendios.

Tipos de aislamiento.

Los tipos de aislamiento usados en refrigeración y congelamientos son:

- Aislamiento Rígido.
- Aislamiento de paneles.
- Espuma en el lugar del aislamiento.
- Paneles de Aislamiento de Concreto Prefabricado.



Figura 6. Cuarto frío y sección de panel en poliuretano. }

4.1.5.3 Sistema de refrigeración (equipos). El sistema de refrigeración para una facilidad refrigerada se debe seleccionar en la primera fase del planeamiento de la instalación. Si la facilidad es un edificio de un solo propósito, a baja temperatura del almacenaje, la mayoría de los tipos de sistemas pueden ser utilizados.

Sin embargo, si las materias que se almacenarán requieren diversas temperaturas y humedades, se debe seleccionar un sistema que puede resolver las demandas usando cuartos aislados en diversas condiciones.

Usar el equipo construido unitario de paquete fabricado puede tener mérito para las estructuras más pequeñas y para una facilidad múltiples cuartos que requiera una variedad de condiciones de almacenaje. Un cuarto para el compresor central es un estándar para instalaciones más grandes, especialmente donde es importante la conservación de energía.

En grandes almacenes frigoríficos, la instalación consiste en un sistema de compresión (compresor) de dos tiempos, con bomba de recirculación de líquido refrigerante a los evaporadores (o refrigeradores de aire). El amoníaco es el más corriente, pero en ocasiones se utilizan también hidrocarburos halogenados.

Los condensadores están calculados para obtener una temperatura de condensación lo más baja posible; son enfriados por circulación de agua, sea del tipo evaporativo (evaporación forzada del agua) o enfriado por aire. La mayor parte de instalaciones modernas están automatizadas con controles digitalizados para un mejoramiento de la seguridad y permitir una regulación más fácil y menos costosa. No se debe dejar de incluir una iluminación acorde a las actividades que dentro de la cámara frigorífica se realizarán; tomar en cuenta el calor que la fuente de iluminación generará, por ello debe contar con la potencia determinada y adecuada. Como norma en un almacén frigorífico se debe de ofrecer una iluminación de 125 lux en el suelo y de 250 lux en las áreas de trabajo.

Equipos de refrigeración en cuartos fríos.

El funcionamiento básico de un sistema de refrigeración se puede representar con el siguiente ciclo

Figura 7. De estos equipos principales.



Figura 7. Ciclo básico de refrigeración.

A. Evaporación: En la etapa de evaporación, el refrigerante absorbe calor del espacio que lo rodea y por consiguiente lo enfría. Esta etapa tiene lugar en un componente denominado evaporador, el cual es llamado así debido a que, al absorber calor el refrigerante, cambia de líquido a gas, es decir, lo evapora.

B. Compresión: Después de evaporarse, el refrigerante es succionado por el compresor, donde se aumenta la presión. Este aumento de presión es necesario para que el gas refrigerante cambie fácilmente al estado líquido en la siguiente etapa del proceso.

C. *Condensación*: La fase de condensación del ciclo se efectúa en una unidad llamada condensador. Aquí, el gas refrigerado a alta presión cede calor al aire, al agua o a ambos, cambiando de gas a líquido.

D. *Expansión*: La fase de control desarrollada por con mecanismo de control de flujo. Este mecanismo regula el flujo de refrigerante dentro del evaporador y también actúa como trampa de presión. Después de que el refrigerante deja el control de flujo, se dirige al evaporador y comienza de nuevo el ciclo.

Compresores.

Las funciones del compresor en el sistema de refrigeración son tres:

1. Crea la diferencia de presión requerida; esta es la primera de las tres funciones desarrolladas por los compresores. Hay que recordar que el refrigerante evaporado bajo presión, y la parte de condensación a alta presión. De acuerdo con esto, a la posición del sistema en el lado de succión del compresor se llama “lado bajo”, mientras que, a la sección del sistema en el lado de descarga del compresor, se llama “lado de alta”.

2. Alimenta un volumen suficiente de refrigerante; esta es la segunda de las tres funciones desarrolladas por el compresor; el volumen suficiente depende de la temperatura de operación. A menos temperatura de operación, mayor volumen de refrigerante deberá circular. Esto significa que se necesita un compresor más grande para enfriar una carga dada a una temperatura muy baja, que para enfriar la misma carga a temperatura moderadamente baja.

3. Deben ser los más adecuados al refrigerante utilizado; la tercera función de cualquier compresor es ser el más indicado para el refrigerante que se use. El refrigerante afecta el diseño

del compresor en detalles, tales como: el tamaño de las válvulas, la tensión de los resortes de las válvulas y el diseño del sistema de enfriamiento.

Tipos de compresores.

Los compresores para refrigeración y aire acondicionado se pueden clasificar en tres tipos:

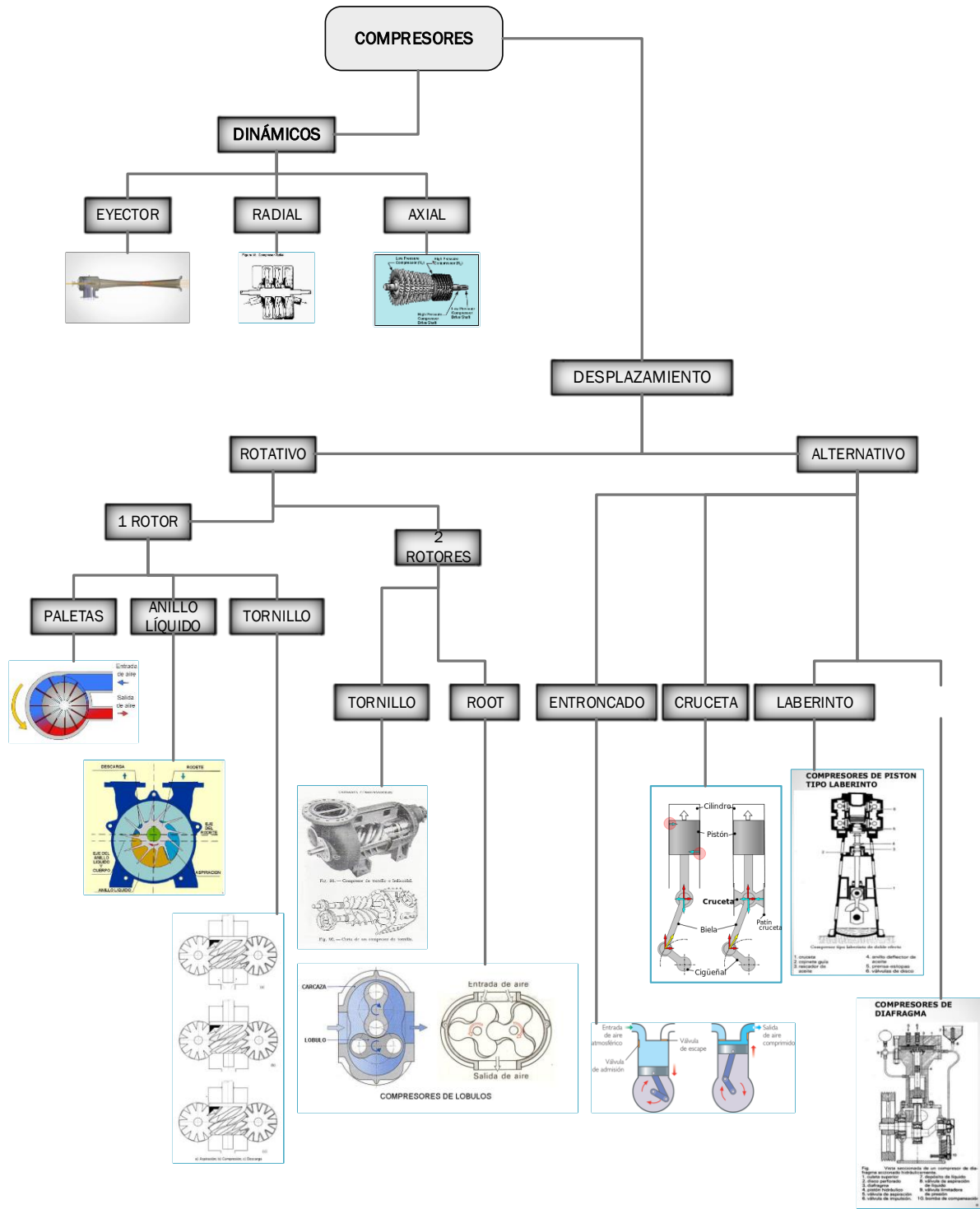


Figura 8. Tipos de compresores.

Compresor rotativo

Este compresor es conocido por su larga vida, funcionamiento suave y mínimos problemas. En lugar de un pistón central con movimientos ascendente y descendente tiene un motor excéntrico que gira dentro de una cámara de compresión, la cual tiene a su vez válvulas de entrada y salida y unas aletas sostenidas contra el rotor por medio de un rotor excéntrico y las paredes de la cámara. Los compresores rotativos son usados en algunas aplicaciones domésticas e industriales.

Compresor centrifugo

El compresor centrifugo aumenta la presión del gas no por compresión, como en otros metros, sino por el movimiento acelerado producido por la acción de un impelente a alta velocidad. Es apropiado para refrigerantes que operan a baja presión y gran volumen, como el R-11. Son empleados en grandes sistemas con cincuenta toneladas o más, como aire acondicionado de oficinas, edificios, hoteles, etc.

Compresor reciprocante

El compresor reciprocante es el tipo más comúnmente usado para refrigeración. Es ampliamente utilizado en uso doméstico, en refrigeración comercial y en grandes sistemas industriales. Las ventajas frente a otros compresores son:

- a. Adaptabilidad a diferentes refrigerantes.

- b. Facilidad con la que permite el desplazamiento de líquido a través de tuberías dada a la alta presión creada por el compresor.
- c. Durabilidad.
- d. Sencillez en su diseño.
- e. Costo relativamente bajo.

El diseño del compresor recíprocante es algo similar a un motor de automóvil moderno, con un pistón accionado por un cigüeñal que realiza carreras alternas de succión y compresión en un cilindro provisto con válvulas de succión y de descarga. En vista de que el compresor recíprocante es una bomba de desplazamiento positivo resulta apropiado para volúmenes de desplazamiento reducido, y es muy eficaz a presiones de condensación elevada y en altas relaciones de compresión.

Entre los compresores de tipo recíprocante se pueden tener en cuenta las siguientes clases:

CR-Compresor Abierto

Un compresor abierto es una unidad completamente separada del motor de accionamiento, motor y compresor son unidades independientes que deben acoplarse mediante cualquier mecanismo idóneo. La transmisión de movimiento entre ambas suele ser por acoplamiento directo, pero también pueden adaptarse otros mecanismos para que el compresor funcione a una determinada velocidad, que depende de los requisitos de carga.

El tipo de propulsión (generalmente motor asíncrono de corriente alterna) se debe elegir de manera que transmita al compresor la potencia adecuada.

En estos equipos todas las partes del compresor, como las del motor eléctrico, son accesibles para labores de mantenimiento, la refrigeración de ambas maquinas es independiente y puede sustituir una de las dos sin necesidad de hacer lo mismo con la otra.

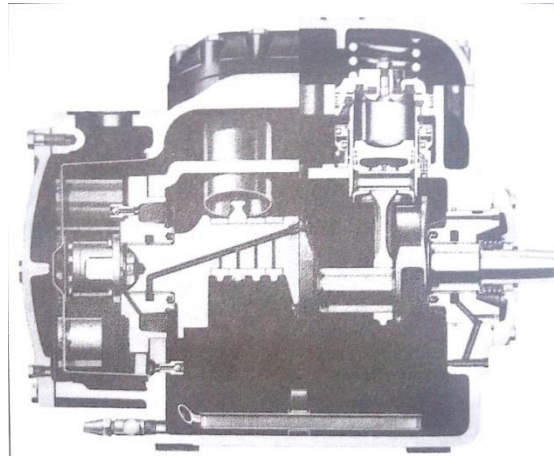


Figura 9. Compresor recíprocante abierto (Trane).

En la figura 9. Se muestra, en corte, un compresor abierto de dos cilindros en paralelo, con refrigeración independiente y en la figura 10. el esquema de una maquina frigorífica con motor alternativo abierto de cinco cilindros en estrella.

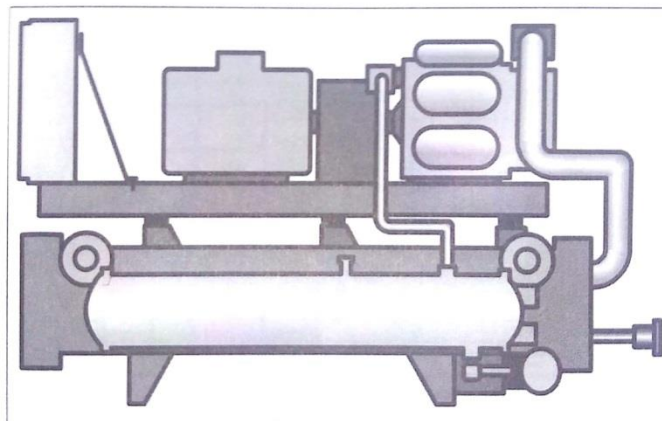


Figura 10. Máquina frigorífica de compresor alternativo abierto (Trane).

En ella se puede distinguir de izquierda a derecha, unidad de control y conexiones eléctricas, motor eléctrico, conexión motor- compresor y compresor.

CR-Compresor Hermético

Un compresor hermético tiene un motor eléctrico y un compresor incorporados dentro de una misma carcasa. El motor y compresor utilizan un eje y cojinetes comunes. El motor esta generalmente refrigerado por la aspiración de gas que pasa a través de los devanados, pero, no obstante, en algunos casos no hay inconveniente alguno en que esté refrigerado por agua. Estos compresores no dan problemas de montaje del motor, alineación de acoplamiento, ni tampoco de lubricación del motor y fugas del refrigerante en el prensa estopas del eje.

En la figura 11. Se muestra el corte de un compresor hermético de un solo cilindro.

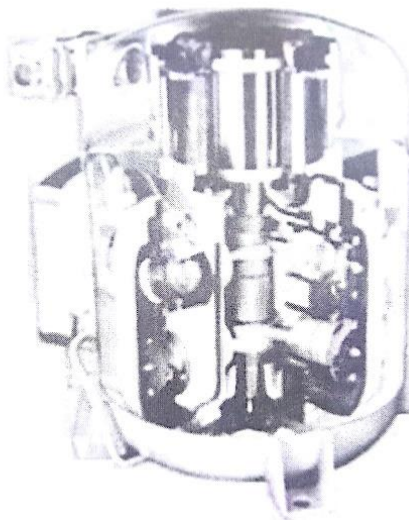


Figura 11. Vista en corte de compresión hermético (Trane).

La figura 12. Muestra un compresor hermético de dos cilindros en paralelo para una máquina de mayor potencia.

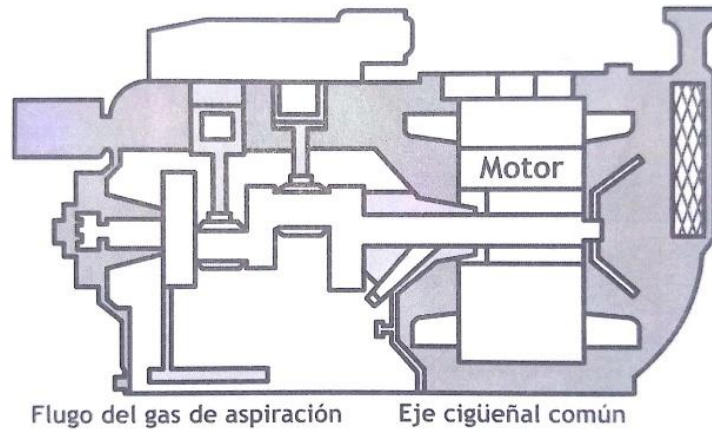


Figura 12. Esquema de un compresor hermético de dos cilindros.

Los límites de funcionamiento del compresor dependen del refrigerante utilizado y de la potencia del motor. Generalmente, la potencia del motor está adaptada al que necesita el compresor con un determinado refrigerante por lo que el motor no se sobrecarga cuando la unidad trabaja dentro de los niveles normales de acondicionamiento de aire.

CR- Compresor Semi-Hermético

El compresor semi-hermético es un híbrido entre los dos casos anteriores. El cigüeñal del compresor y el eje del motor son solidarios, están formando un único bloque y solo son accesibles, para el mantenimiento ordinario, algunas partes del conjunto, generalmente las tapas de válvulas de los cilindros.

En la figura 14. Se muestra una máquina de este tipo.

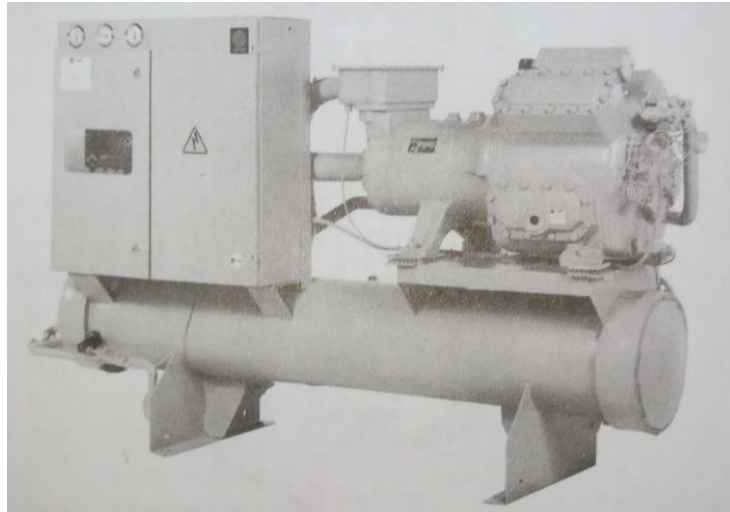


Figura 13. Máquina refrigeradora de compresor alternativo semi-hermético (Trane).

Evaporadores

El evaporador es la parte del lado de baja presión del sistema de refrigeración en la que el refrigerante líquido hierve o se evapora, y absorbe el calor a medida que se convierte en vapor. Con eso, se logra el objetivo del sistema, la refrigeración.

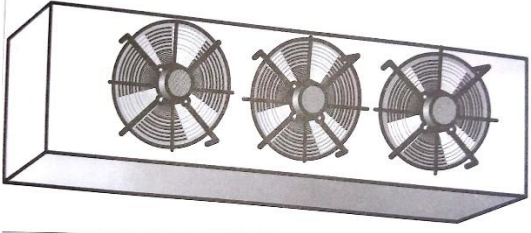
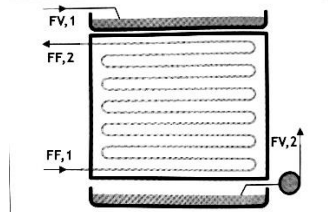
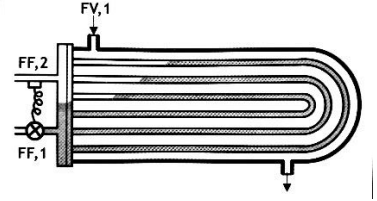
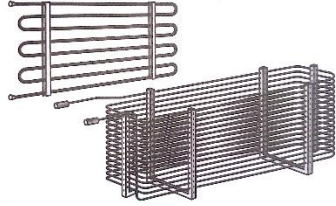
La primera etapa en la operación de un evaporador es el flujo de refrigerante líquido dentro del tubo del evaporador. El flujo puede ser hacia arriba o hacia abajo. La segunda etapa es el intercambio de calor del aire al refrigerante, que produce dos resultados: el aire al perder el calor se enfría y el refrigerante al absorber calor se evapora. La tercera es extraer por medio del compresor los refrigerantes gaseosos del evaporador, lo que deja espacio libre para permitir la entrada de más refrigerante líquido, y mantiene una baja presión en el refrigerante líquido remanente, que permite que se evapore a una baja temperatura

Tipos de evaporadores.

Tabla 2.

Categorías de evaporadores.

<i>Categorías de evaporadores.</i>	
Para enfriar líquidos	1. De inmersión.
	1.1 Tipo serpentín.
	1.2 Tipo parrilla.
	2. De circulación interna.
	2.1 De doble tubo.
Para enfriar gases.	2.2 Multitubulares horizontales.
	2.3 Multitubulares verticales.
	2.4 De lluvia.
	3. De circulación natural.
	4. De circulación forzada.



Condensadores

En un ciclo de refrigeración por compresión de vapor el calor absorbido en el evaporador y el calor equivalente al trabajo necesario para elevar la presión del refrigerante se disipan en el condensador de la unidad; que además devuelven el estado líquido al refrigerante. Este calor debe ser extraído por un fluido vehicular que generalmente es agua o aire. El equipo se clasifica de acuerdo con los medios de disipación del calor.

Tipos de condensadores

Hay tres tipos de equipos de disipación del calor de uso corriente.

Estos equipos son:

1. Condensador enfriado por aire. El condensador más comúnmente usado con aletas en su exterior, las cuales disipan el calor al aire ambiente.



Figura 14. Condensador enfriado por aire.

2. Condensador evaporativo. En él se emplean serpentines de rociado para disipar el calor en el aire por transferencia de calor sensible y calor latente.



Figura 15. Condensador evaporativo.

3. Condensador refrigerado por agua, En este caso el agua de refrigeración es reutilizada enfriándola en una torre de enfriamiento.



Figura 16. Condensador enfriado por agua.

5. Línea de producción planta de beneficio Avidesa Mac Pollo Floridablanca, Santander

AVIDESA Mac pollo cuenta con su planta de beneficio la cual se encuentra ubicada en el municipio de Floridablanca, Santander. Es una planta que cuenta con tecnología de punta y con un proceso lineal que permite el procesamiento de cerca de 190.000 aves por día.



*Figura 17.*Ubicación planta beneficio AVIDESA MACPOLLO S.A

5.1 Proceso planta de beneficio

El proceso presente en la planta de beneficio es el siguiente:

RECEPCIÓN.

- Recibir la orden de la granja.
- Pesaje del camión.
- Bajar los guacales.
- Verificar el estado de las aves.
- Colocar los guacales sobre las bandas transportadoras.



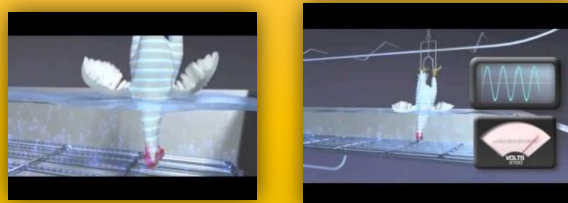
COLGADO

- Tomar el pollo de las piernas.
- Colgar evitando hematomas.
- Revisión de aves ahogadas en el viaje.
- Realizado por 9 operarios aproximadamente.
- Promedio de 9540 pollos/hora.



INSENSIBILIZACIÓN.

- Las aves pasan por la maquina aturdidora.
- Tanque con solución salina.
- Se aplica una descarga de 12V.
- Las aves presentan ciertas características: (cuello arqueado, ojos abiertos, pupilas dilatadas, piernas rígidas, alas pegadas al cuerpo).



↓

SACRIFICIO Y DESANGRE.

- El ave pasa por una maquina especial diseñada con el propósito de hacer un corte de forma transversal donde se ubica la vena yugular y carótida.
- El ave pasa por un túnel de desangre con un tiempo aproximado de 3 minutos.
- La sangre recogida cae a un canal y es almacenada.



↓

ESCALDADO Y DESPLUME.

- El ave es sumergida en un tanque con agua a 47°C por un tiempo de 9 minutos.
- El ave ingresa a la maquina desplumadura, la cual hace una remoción parcial de plumas.
- Proceso desplume 2 segundos.



↓

CORTE DE CABEZAS Y EVisCERADO

- Una máquina de corte realiza el corte de cabeza del ave.
- El proceso de eviscerado es de la siguiente manera (Descloacadora, retiro de tráquea y buche, corta cuello, pulmones, revisadora, tanque de lavado) proceso de 5 minutos.





PRE ENFRIAMIENTO CHILLER 1

- Agua a 12 °C.
- En el proceso entra a 40° C y sale a 14 ° C.
- Duración del proceso es de 20 minutos.



ENFRIAMIENTO

- CHILLER N°1
Agua a 4 °C.
Pollo a 14 °C y sale a 7 °C.
Duración del proceso 20 min.
- CHILLER N°2
Agua a 1 °C.
Pollo a 7 °C y sale a 3 °C.
Duración del proceso 20 min.



SELECCIÓN Y DESPRESE

- Al salir del chiller 2 es colgado en una sola pata, para ser seleccionado por el peso.
- Después es colgado de dos patas.
- La máquina hace cortes de alas, pechugas, perniles, rabadillas, pierna pernil, corte de patas.





Figura 18. Esquema del proceso de beneficio avícola.

5.2 Selección de cámara frigorífica de estudio

En el proceso de la planta de beneficio se cuenta con dos cuartos fríos que poseen las características para el análisis, estas son las opciones:

Tabla 3.

Características cuarto a seleccionar.

CUARTO	VOLUMEN (m ³)	TIPO DE TRABAJO	CARGA POLLO (TON)	POTENCIA (#) COMPRESORES
Materia prima	80	24/7	30	8 HP- (1)
Almacenamiento	1123	24/7	90	25 HP- (3)

Se selecciona el cuarto de Almacenamiento debido al consumo según su potencia y cantidad de equipos más la capacidad de almacenamiento. Las características del cuarto frío a optimizar se presentan a continuación.

5.3 Información técnica cuarto de almacenamiento de producto terminado Avidesa Mac Pollo

Las condiciones del cuarto de almacenamiento como parte del proceso que veíamos anteriormente busca mantener el producto refrigerado a (-2.7°C). Este proceso realiza su despacho constante durante el día y almacenamiento para fines de semana (días domingos y festivos). Las dimensiones del cuarto estarán indicadas en la Tabla 3. Adicionalmente el cuarto cuenta con estas condiciones de operación.

Inicialmente debemos nombrar las condiciones iniciales del cuarto que son las siguientes:

- La capacidad de producto es de 90 Toneladas de pollo fresco despresado conservado para entrega.
- El pollo que se almacena es de diferentes tamaños y a granel.
- El almacenamiento se realizará en canastas de 60X40X25 cm con capacidad de 25 kg cada una.
- Las canastas se apilarán en columnas de 7.
- Se cuentan con 4 zonas de infiltración de aire principales, la primera es la puerta de ingreso del personal con dimensiones de (Ancho: 1m x Alto: 2m) y las otras 3 son muelles de carga, que, aunque cuenta con puertas de buen sellado y colchones para la parte trasera de los camiones presentan infiltración, el tamaño de estas es de 2.30m x 1.50m.
- La iluminación consta de 31 lámparas Led de 36 W cada una.
- En el Interior se encuentran trabajando 25 personas, realizando actividad física constante.
- Se toma el registro de las temperaturas en Floridablanca, recopiladas por la página de datos climatológicos *accuweather* arrojando los siguientes resultados. Temperatura máxima promedio de (29°C) y humedad relativa de (80%).
- Para la tabla y graficas siguiente observar el **Anexo A** – Tablas de Temperatura IDEAM.

DO. 01/07 Temp. real 27°/18° <u>Media histórica</u> N/D	LU. 02/07 Temp. real 28°/17° <u>Media histórica</u> N/D	MA. 03/07 Temp. real 27°/17° <u>Media histórica</u> N/D	MI. 04/07 Temp. real 28°/18° <u>Media histórica</u> N/D	JU. 05/07 Temp. real 28°/18° <u>Media histórica</u> N/D	VI. 06/07 Temp. real 27°/18° <u>Media histórica</u> N/D	SÁ. 07/07 Temp. real 27°/19° <u>Media histórica</u> N/D
DO. 08/07 Temp. real 28°/20° <u>Media histórica</u> N/D	LU. 09/07 Temp. real 30°/20° <u>Media histórica</u> N/D	MA. 10/07 Temp. real 27°/19° <u>Media histórica</u> N/D	MI. 11/07 Temp. real 28°/19° <u>Media histórica</u> N/D	JU. 12/07 Temp. real 29°/19° <u>Media histórica</u> N/D	VI. 13/07 Temp. real 29°/20° <u>Media histórica</u> N/D	SÁ. 14/07 Temp. real 29°/19° <u>Media histórica</u> N/D
DO. 15/07 Temp. real 30°/19° <u>Media histórica</u> N/D	LU. 16/07 Temp. real 28°/19° <u>Media histórica</u> N/D	MA. 17/07 Temp. real 29°/19° <u>Media histórica</u> N/D	MI. 18/07 Temp. real 29°/19° <u>Media histórica</u> N/D	JU. 19/07 Temp. real 27°/19° <u>Media histórica</u> N/D	VI. 20/07 Temp. real 28°/21° <u>Media histórica</u> N/D	SÁ. 21/07 Temp. real 28°/20° <u>Media histórica</u> N/D
DO. 22/07 Temp. real 29°/19° <u>Media histórica</u> N/D	LU. 23/07 Temp. real 28°/19° <u>Media histórica</u> N/D	MA. 24/07 Temp. real 28°/19° <u>Media histórica</u> N/D	MI. 25/07 Temp. real 28°/18° <u>Media histórica</u> N/D	JU. 26/07 Temp. real 28°/19° <u>Media histórica</u> N/D	VI. 27/07 Temp. real 25°/18° <u>Media histórica</u> N/D	SÁ. 28/07 Temp. real 27°/18° <u>Media histórica</u> N/D

Figura 19. Histórico del cuarto.

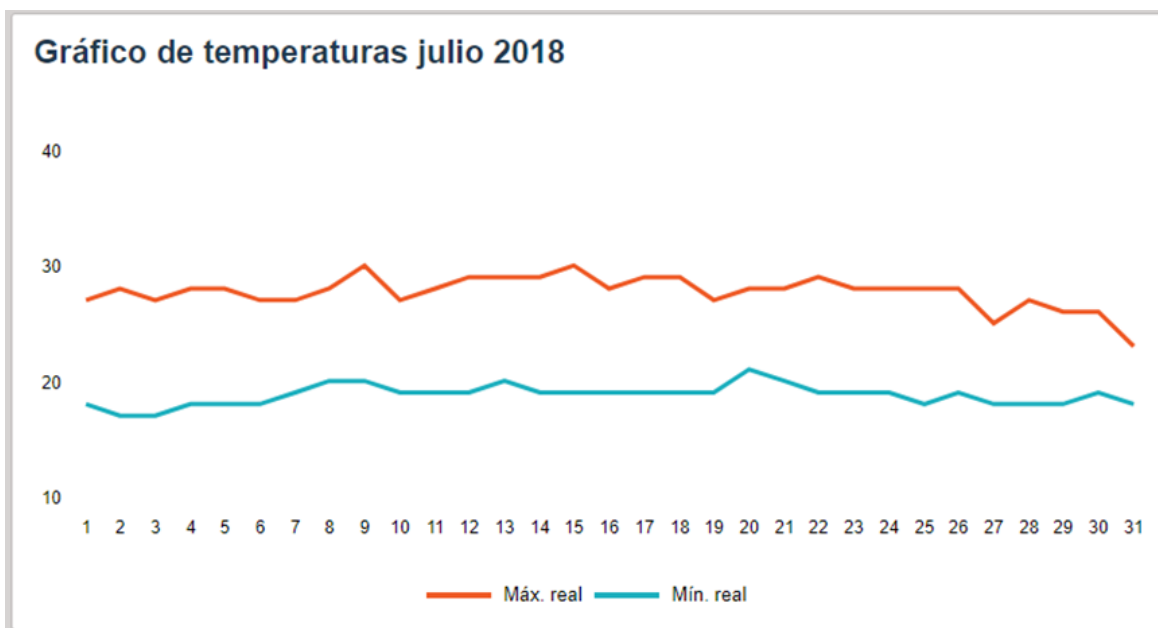


Figura 20. Datos de temperatura Floridablanca.

La distribución de cuarto es de la siguiente manera:

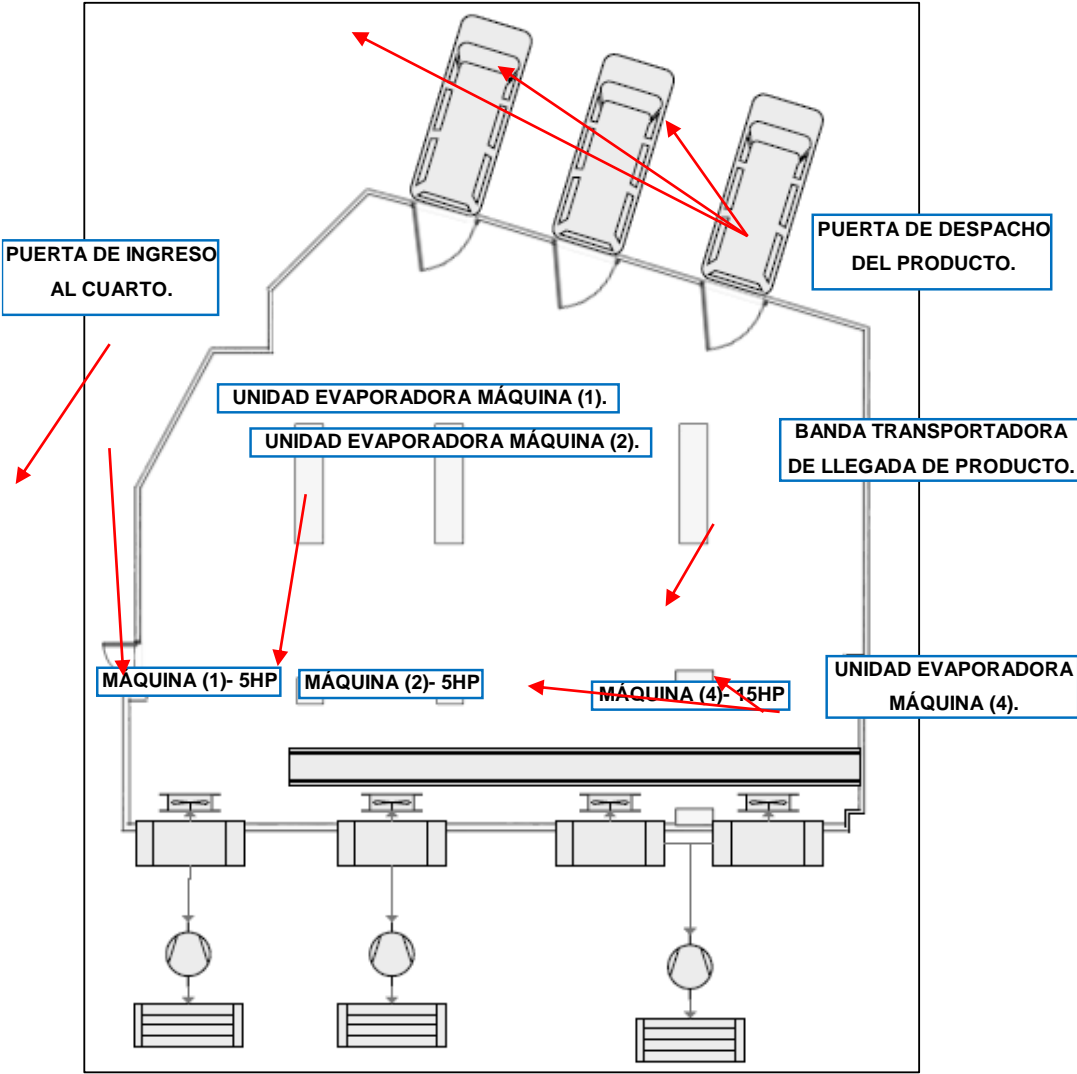


Figura 21. Distribución del cuarto de almacenamiento

5.4 Información técnica de equipos empleados cuarto de almacenamiento de producto terminado de Avidesa Mac Pollo.

5.4.1 Equipos de refrigeración. Tenemos los siguientes equipos involucrados en el cuarto frío:

Compresor máquina (1) y máquina (2).



Figura 22. Compresor máquina 1

Tabla 4.

Descripción compresor máquina 1.





MÁQUINA 1		
REFERENCIA	2DD3- 0500- TFC	
SERIAL	CT- 93F- 05800 S	
MARCA	COPELAND	
TIPO	RECIPROCANTE SEMIHERMETICO.	
POTENCIA NOMINAL (HP)	5	
VOLTAJE (V)	220 (3)	
CFH (60 HZ)	823	
PESO (LBS)	261	
CAPACIDAD (BTU/H)	74200	



Figura 23. Compresor máquina 2

Tabla 5.

Descripción compresor máquina 2.

MÁQUINA 2		
REFERENCIA	2DD3- 0500- TFC	
SERIAL	CT- 93F- 0114 S	
MARCA	COPELAND	
TIPO	RECIPROCANTE SEMIHERMETICO.	
POTENCIA NOMINAL (HP)	5	
VOLTAJE (V)	220 (3)	
CFH (60 HZ)	823	
PESO (LBS)	261	
CAPACIDAD (BTU/H)	74200	



Compresor máquina (4).



Figura 24. Compresor máquina 4.

Tabla 6.

Especificaciones mecánicas, eléctricas y rendimiento máquina 4

MÁQUINA4		
REFERENCIA	3DS3- 1500- TFC	
SERIAL	ET- 98A01710S	
MARCA	COPELAND	
TIPO	RECIPROCANTE SEMIHERMETICO.	
POTENCIA NOMINAL (HP)	15	
VOLTAJE (V)	220 (3)	
CFH (60 HZ)	1782	
PESO (LBS)	385	
CAPACIDAD (BTU/H)	194200	

Condensadoras.*Figura 25. Unidades condensadoras.***Unidades Evaporadoras.**




Figura 26. Unidades evaporadoras.

Tabla 7.

Datos técnicos unidades evaporadoras

EVAPORADOR MÁQUINA (1) Y (2)	
REFERENCIA	MLT-4330
MARCA	LARKIN
NUMERO VENTILADORES	3
CFM	6975
CAPACIDAD (BTU/h)	33000
DIÁMETRO VENTILADOR (in)	18
POTENCIA MOTOR (HP)	1/4



MLT4 Models 4 Fins Per Inch																					
MLT4100	10,000	2,930	2,325	3,950	1	18	457	65	20	50	15	1/4	1.8	1.0	0.7	2,730	11.9	8.2	5.9	4.1	3.3
MLT4165	16,500	4,830	4,900	8,330	2	18	457	65	20	50	15	1/4	3.6	2.0	1.4	5,350	23.3	16.0	11.6	8.3	6.6
MLT4220	22,000	6,440	4,650	7,910	2	18	457	65	20	50	15	1/4	3.6	2.0	1.4	5,350	23.3	16.0	11.6	8.3	6.6
MLT4250	25,000	7,320	7,350	12,500	3	18	457	65	20	50	15	1/4	5.4	3.0	2.1	7,750	33.7	23.2	16.8	12.0	9.6
MLT4330	33,000	9,670	6,975	11,860	3	18	457	65	20	50	15	1/4	5.4	3.0	2.1	7,750	33.7	23.2	16.8	12.0	9.6
MLT4370	37,000	10,840	9,100	15,470	4	18	457	65	20	50	15	1/4	7.2	4.0	2.8	10,200	-	30.5	22.2	15.8	12.6
MLT4440	44,000	12,890	8,700	14,790	4	18	457	65	20	50	15	1/4	7.2	4.0	2.8	10,200	-	30.5	22.2	15.8	12.6
MLT4530	53,000	15,520	10,350	17,600	5	18	457	65	20	50	15	1/4	9.0	5.0	3.5	11,600	-	34.7	25.2	18.1	14.4

Diagram 1. Dimensions for all models

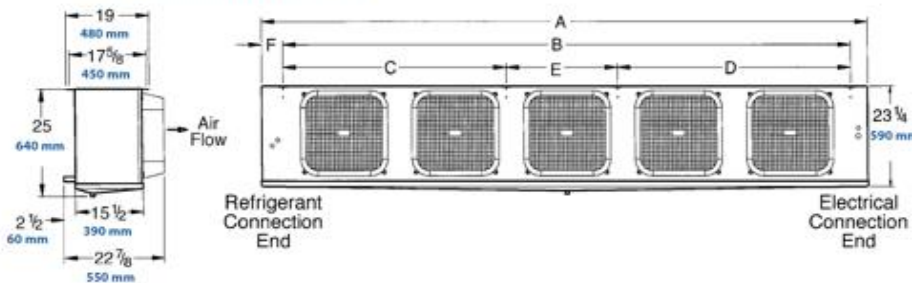


Table 10. Dimensional Data, all models

Model	6 FPI Models		4 FPI Models		Dimensions (in./mm)											
	Defrosts		Defrosts		A	B	C	D	E	F						
	Elec.	Hot Gas	Elec.	Hot Gas												
MMT130	MLT6101	-	-	-	41-5/16	1,050	30-1/4	770	-	-	-	-	-	5-9/16	140	
MMT155	MLT6140	-	-	MLT4100	41-5/16	1,050	30-1/4	770	-	-	-	-	-	5-9/16	140	
MMT245	MLT6190	MLG6190	MLT4165	MLG4165	69-5/16	1,760	58-1/4	1,480	-	-	-	-	-	5-9/16	140	
MMT300	MLT6260	MLG6260	MLT4220	MLG4220	69-5/16	1,760	58-1/4	1,480	-	-	-	-	-	5-9/16	140	
MMT365	MLT6310	MLG6310	MLT4250	MLG4250	97-5/16	2,470	86-1/4	2,190	-	-	-	-	-	5-9/16	140	
MMT450	MLT6390	MLG6390	MLT4330	MLG4330	97-5/16	2,470	86-1/4	2,190	-	-	-	-	-	5-9/16	140	
MMT510	MLT6430	MLG6430	MLT4370	MLG4370	125-5/16	3,180	114-1/4	2,900	56	1,420	58-1/4	1,480	-	5-9/16	140	
MMT600	MLT6520	MLG6520	MLT4440	MLG4440	125-5/16	3,180	114-1/4	2,900	56	1,420	58-1/4	1,480	-	5-9/16	140	
MMT710	MLT6620	-	MLT4530	-	138-13/16	3,530	129-3/4	3,300	51	1,300	53-1/4	1,350	25-1/2	650	5-1/16	130

NOTES: Evaporator mounting brackets accept up to 1/2" hanger rod

Figura 27. Tabla fabricante con las características del evaporador.




Figura 28. Unidades evaporadoras máquina 4.

Tabla 8.

Datos técnicos unidad evaporadora máquina 4.

EVAPORADOR MAQUINA (4)	
REFERENCIA	MLT-6620
MARCA	LARKIN
NUMERO VENTILADORES	5
CFM	9000
CAPACIDAD (BTU/h)	54188
DIÁMETRO VENTILADOR (in)	18
POTENCIA MOTOR (HP)	1/4



MLT6 Models 6 Fins Per Inch																	
MLT6101	8,832	2,590	2,115	3,600	1	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	1.8	1.0	2,510	11.4	3.4
MLT6140	12,236	3,580	2,025	3,440	1	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	1.8	1.0	2,510	11.4	3.4
MLT6190	16,652	4,880	4,230	7,190	2	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	3.6	2.0	4,910	22.3	6.9
MLT6260	22,724	6,660	4,050	6,890	2	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	3.6	2.0	4,910	22.3	6.9
MLT6310	27,140	7,950	6,345	10,790	3	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	5.4	3.0	7,090	32.2	9.9
MLT6390	34,132	10,000	6,075	10,330	3	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	5.4	3.0	7,090	32.2	9.9
MLT6430	37,628	11,020	7,920	13,460	4	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	7.2	4.0	9,340	-	13.1
MLT6520	45,448	13,310	7,560	12,850	4	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	7.2	4.0	9,340	-	13.1
MLT6620	54,188	15,870	9,000	15,300	5	18	457	60	18.5	45	13.5	1/4	9.0	5.0	10,620	-	15.0

Diagram 1. Dimensions for all models

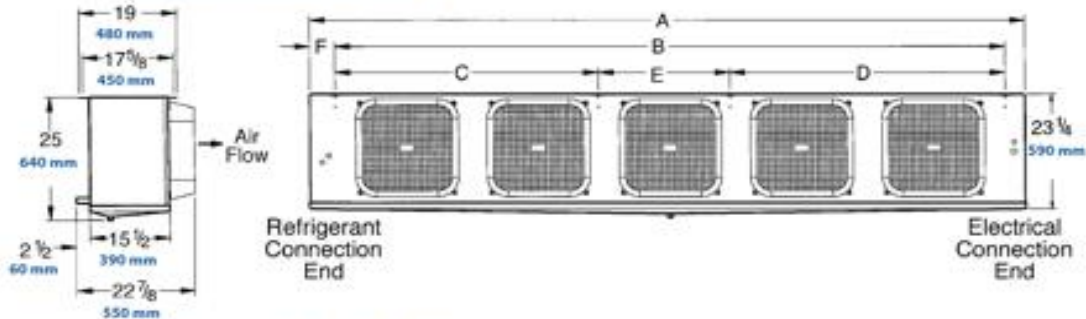


Table 10. Dimensional Data, all models

Model	6 FPI Models		4 FPI Models		Dimensions (in./mm)											
	Defrosts		Defrosts		A	B	C	D	E	F						
	Elec.	Hot Gas	Elec.	Hot Gas												
MMT130	MLT6101	-	-	-	41-5/16	1,050	30-1/4	770	-	-	-	-	5-9/16	140		
MMT155	MLT6140	-	MLT4100	-	41-5/16	1,050	30-1/4	770	-	-	-	-	5-9/16	140		
MMT245	MLT6190	MLG6190	MLT4165	MLG4165	69-5/16	1,760	58-1/4	1,480	-	-	-	-	5-9/16	140		
MMT300	MLT6260	MLG6260	MLT4220	MLG4220	69-5/16	1,760	58-1/4	1,480	-	-	-	-	5-9/16	140		
MMT365	MLT6310	MLG6310	MLT4250	MLG4250	97-5/16	2,470	86-1/4	2,190	-	-	-	-	5-9/16	140		
MMT450	MLT6390	MLG6390	MLT4330	MLG4330	97-5/16	2,470	86-1/4	2,190	-	-	-	-	5-9/16	140		
MMT510	MLT6430	MLG6430	MLT4370	MLG4370	125-5/16	3,180	114-1/4	2,900	56	1,420	58-1/4	1,480	-	5-9/16	140	
MMT600	MLT6520	MLG6520	MLT4440	MLG4440	125-5/16	3,180	114-1/4	2,900	56	1,420	58-1/4	1,480	-	5-9/16	140	
MMT710	MLT6620	-	MLT4530	-	138-13/16	3,530	129-3/4	3,300	51	1,300	53-1/4	1,350	25-1/2	650	5-1/16	130

NOTES: Evaporator mounting brackets accept up to 1/2" hanger rod

Figura 29. Tabla fabricante con las características de evaporador

5.4.2 Equipos de medición y control iniciales.

Data logger (iLOG)

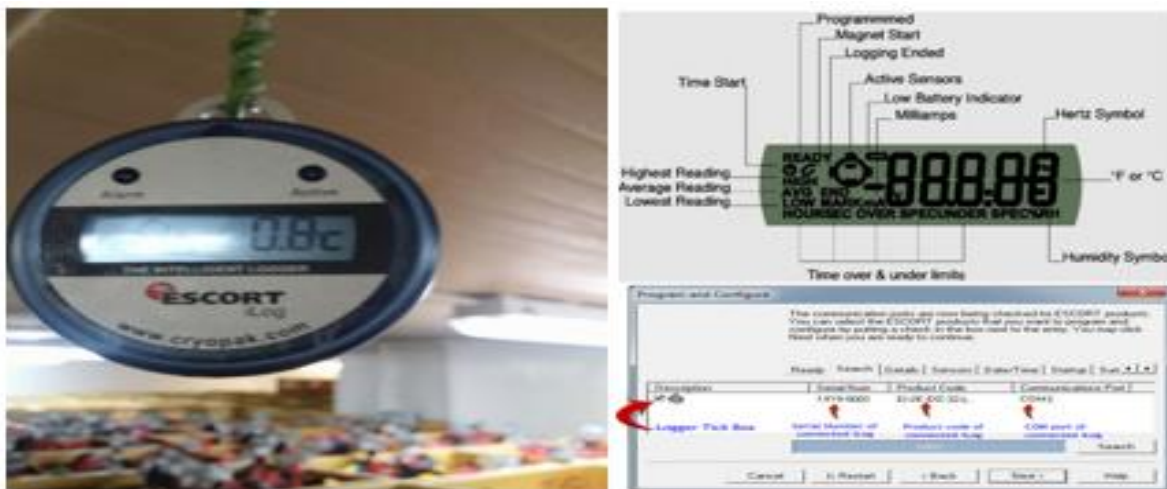


Figura 30. Características y descripción data Logger (iLog)

Tabla 9.

Datos técnicos Data Logger.

DATA LOGGER	
REFERENCIA	EI-IN-D-32-L
MARCA	ESCORT
RANGOS TERMICOS (°C)	-40 A 70 °C
SENSOR	INTERNO
ALARMAS	2
INTERFAZ	USB O SERIAL
RESOLUCIÓN	0,1°C
CAPACIDAD MEMORIA	32K



6. Análisis de carga térmica en cuarto de almacenamiento.

Se realizará el cálculo de carga térmica teniendo en cuenta las siguientes condiciones iniciales:

Utilizaremos de referencia para los cálculos el libro “Manual de ingeniería de Bohn”. Se utilizará

el formato para estimar la carga de refrigeración ver Figura 31.

Formato para Estimar la Carga de Refrigeración
(para cuartos abajo de 32°F) Boletín No. H-ENG-3.1

Congelador para Endurecimiento de Helado -20° F
 Calculado para: _____ Calculado por: _____ Fecha: _____

Bases para Cálculo
 Dimensiones del cuarto: Ancho _____ pie x longitud _____ pie x altura _____ pie.
 Volumen: (L) _____ x (W) _____ x (H) _____ = _____ pie³
 Temperatura amb. _____ °F (corregido por carga solar) - Temperatura del cuarto _____ °F = _____ °F D.T.

		Aislamiento	
		Pulgadas	Tipo
Techo			
Paredes			
Piso			

Carga del Producto
 (a) _____ Lbs./día de _____ para ser reducido desde la temperatura de entrada de _____ °F al punto de congelación a temperatura hasta _____ °F (Tabla 7) _____ °F Disminución de Temperatura inicial y entonces ser reducido del punto de congelación a temperatura de almacenaje de _____ °F (Tabla 7) _____ °F Disminución de Temperatura Final.
 (b) _____ galones de helado @ _____ exceso

Misceláneos
 Motores (incluye todos los motores ventiladores) _____ HP Temperatura del Piso _____ (Tabla 21)
 Luces (se asume 1 watt/pie²) _____ Watts
 No. de Personas _____

1. Transmisión por Cargas
 Techo: (L) _____ x (W) _____ x Carga del Calor _____ (Tabla 1) = _____
 Pared Norte: (L) _____ x (H) _____ x Carga del Calor _____ (Tabla 1) = _____
 Pared Sur: (L) _____ x (H) _____ x Carga del Calor _____ (Tabla 1) = _____
 Pared Este: (W) _____ x (H) _____ x Carga del Calor _____ (Tabla 1) = _____
 Pared Oeste: (W) _____ x (H) _____ x Carga del Calor _____ (Tabla 1) = _____
 Piso: (L) _____ x (W) _____ x Carga del Calor _____ (Tabla 1) = _____

2. Carga por cambios de Aire
 Volumen _____ pie³ x _____ Factor (Tabla 5) x _____ Factor (Tabla 6) = _____

3. Cargas Adicionales
 Motores Eléctricos _____ HP x 75000 BTU/HP/24hrs. = _____
 Iluminación Eléctrica _____ Watts x 82 = _____
 Carga por Personas: _____ Personas x _____ BTU/24hrs. (Tabla 12) = _____
 Cargas por Puertas de Vidrio _____ Puertas x 31200 BTU/ Puerta 24hrs. = _____

4. Carga del Producto (Tabla 7) (Carga del Producto estimada @ 24 hrs. Abatimiento)*
 (a) _____ Lbs./día x _____ Calor Especif. arriba del punto de congelación x _____ °F Disminución de Temp. inicial = _____
 _____ Lbs./día x _____ Calor Latente de Fusión = _____
 _____ Lbs./día x _____ Calor Especif. abajo del punto de congelación x _____ °F Disminución de Temp. Final = _____
 (b) _____ galones de helado/día x _____ BTU/gal. (Tabla 19) x 2.4 (10 hrs. de Abatimiento)* = _____

*Para otros tiempos de abatimiento de temperatura del producto diferente a 24 hrs. Suponer 24 hrs. de carga x (24/Tiempo de Abatimiento)

Carga Total de Refrigeración (1+2+3+4) BTU / 24 hrs. = _____
 Agregar 10% por factor de seguridad = _____
 Total con factor de seguridad BTU. /24 hrs. = _____

Dividir entre el número de horas de operación (18) para obtener los requerimientos de enfriamiento en BTUH _____

SELECCION DE EQUIPO					
UNIDAD CONDENSADORA		EVAPORADOR		CAPACIDAD DEL SISTEMA	
CANTIDAD	MOD. No.	CANTIDAD	MOD. No.	BTU/HR.	

Figura 31. Formato H-ENG 3.1 manual técnico de BOHN.

6.1 Temperatura ambiente de diseño

Tenemos que las condiciones ambientales y las condiciones que se requieren para el producto son:

Tabla 10.

Condiciones térmicas internas y externas del cuarto.

CONDICIÓN	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA
Interna (producto)	-2.7 °C	N. M
Externa	29 ° C	80 %

Aunque la zona de acceso al cuarto por la planta tiene una temperatura de 13°C se va a manejar la temperatura ambiente que más afecta al sistema el cual corresponde a los muelles de carga.

Tabla 11.

Configuración paredes y techo del cuarto frío.

	PULGADAS	TIPO
TECHO	4	Poliuretano en lámina.
PAREDES	4	Poliuretano en lámina.
PISO	4	Poliuretano en lámina.

6.3 Datos del producto

Realizamos el cálculo de la carga del producto con los datos iniciales:

Mercancía	Condiciones de Almacenamiento			Punto de congelación Máx. alto °F	Calor Específico Ancho del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Específico Abajo del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Latente de Fusión BTU/Lb	Densidad Aprox. de la Carga del producto Lb/pe ³
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Jarabe de Maple	75-80	60-65	1 año, más	-	0.24	0.21	7	-
Mangos	55	85-90	2-3 semanas	30.3	0.85	0.44	117	-
Carne								
Tocino curado estilo granja	60-65	85	4-6 meses	-	0.30-0.43	0.24-0.29	18-41	57
Carne de res	32-34	82-92	1-6 semanas	28-29	0.70-0.84	0.38-0.43	89-110	-
Jamones de pierna y espalda	32-34	85-90	7-12 días	28-29	0.58-0.63	0.34-0.36	67-77	37
Curado	60-65	50-60	0-3 años	-	0.52-0.56	0.32-0.33	57-64	-
Cordero fresco	32-34	85-90	5-12 días	28-29	0.68-0.76	0.38-0.51	86-100	-
Hígado congelado	-10-0	90-95	3-4 meses	-	-	0.41	100	-
Cerdo fresco	32-34	85-90	3-7 días	28-29	0.46-0.55	0.30-0.33	46-63	-
Embutido ahumado	40-45	85-90	6 meses	-	0.68	0.38	86	-
Fresco	32	85-90	1-2 semanas	26.0	0.89	0.56	93	-
Chuleta de ternero fresca	32-34	90-95	5-10 días	28-29	0.71-0.76	0.36-0.41	92-100	-
Melón cantalupo	36-40	90-95	5-15 días	29.9	0.83	0.48	132	25
Melón dulce	45-50	90-95	3-4 semanas	30.3	0.94	0.48	132	24
Sandia	40-50	80-90	2-3 semanas	31.3	0.97	0.48	132	27
Hongos, champiñón	32	90	3-4 días	30.4	0.93	0.47	130	-
Leche	34-40	-	7 días	31	0.83	0.49	124	64
Nectarinas	31-32	90	2-4 semanas	30.4	0.90	0.49	119	-
Nueces secas	32-50	65-75	8-12 meses	-	0.22-0.25	0.21-0.22	4-8	25
Papayas	45	85-90	1-3 semanas	30.4	0.82	0.47	130	-
Persej	32	85	1-2 meses	30.0	0.88	0.45	122	-
Duraznos y nectarines	31-32	90	2-4 semanas	30.3	0.90	0.46	124	33
Peras	29-31	90-95	2-7 meses	29.2	0.86	0.45	118	47
Pimiento dulce	45-50	91-95	2-3 semanas	30.7	0.94	0.47	132	41
Pimientos, Chile seco	32-50	60-70	6 meses	-	0.30	0.24	17	-
Piñones maduros	45	85-90	2-4 semanas	30.0	0.88	0.45	122	25
Cruetas, incluye crueta pasa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.5	0.88	0.45	118	22
Granada	32	90	2-4 semanas	26.6	0.87	0.46	112	-
Semilla vegetal	32-50	50-65	10-12 meses	-	0.29	0.23	95	-
Maíz palomero	32-40	85	4-6 meses	-	0.31	0.24	19	-
Papás cosecha reciente	50-55	90	0-2 meses	30.9	0.85	0.44	116	42
Cosecha anterior	38-50	90	5-8 meses	30.9	0.82	0.43	111	-
Aves pavo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.79	0.47	106	30
Aves congeladas	-10-0	90-95	12 meses	27.0	0.79	0.37	106	-
Ganso fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.57	0.34	67	-
Pavo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.64	0.37	79	25
Calabaza	50-55	70-75	2-3 meses	30.5	0.92	0.47	130	-

Figura 33. Tabla de condiciones de almacenamiento de producto (manual BOHN)

60 toneladas/día de pollo fresco el cual entra al cuarto a una temperatura de 35 °F y como se observa en la figura 6 tiene un punto de congelación de 27°F (Dato de la tabla). También conocer que la temperatura deseada es de -3 °C es decir 26,6 °F.

$$DT = T \text{ Entrada producto} - T \text{ congelación.} = 35^{\circ}F - 27^{\circ}F = 8^{\circ}F.$$

6.4 Cargas misceláneas

El cuarto posee ciertos elementos adicionales que generan cargas térmicas y están descritas de la siguiente manera:

Misceláneos	
Motores (incluye todos los motores ventiladores) _____ HP	Temperatura del Piso _____ (Tabla 21)
Luces (se asume 1 watt/pie ²) _____ Watts	
No. de Personas _____	

Figura 34. Descripción cargas misceláneas.

Tabla 12.

Elementos de generación de cargas misceláneas.

ÍTEM	TIPO DE CARGA	CANTIDAD	VALOR
1	Motores de ventiladores equipo 1 y 2	6 (1/4 HP)	1.5 Hp
2	Motores de ventiladores equipo 4	12 (1/4 HP)	3 Hp
3	Luces	31	31
4	Número de personas	25	25
5	Motor de banda transportadora	1	2 HP
6	Montacargas	2	2

Buscamos en tablas a cada uno de los ítems misceláneos.

Ítem 1, 2 y 5 (motores eléctricos).

Tabla 11
Calor Equivalente de Motores Eléctricos

Motor Hp	BTU por (HP) (HR)		
	Relacionado con la Carga dentro del Espacio Refrigerado ¹	Pérdida del Motor Fuera del Espacio Refrigerado ²	Relacionado con la Carga exterior del Espacio Refrigerado ³
1/8 a 1/2	4,250	2,545	1,700
1/2 a 3	3,700	2,545	1,150
3 a 20	2,950	2,545	400

¹ Para uso cuando la carga y las pérdidas por motores son disipadas dentro del espacio refrigerado: motores que impulsan ventiladores para forzar la circulación de los evaporadores.

Figura 35. Tabla de calor equivalente de motores eléctricos.

Tabla 13.

Sumatoria de cargas producidas por los motores del cuarto.

ÍTEM	TIPO DE CARGA	UNITARIO	CANT	VALOR	VALOR
				TABLA	CARGA
1	Motores de ventiladores equipo 1 y 2	¼ HP	6	4250	6375
2	Motores de ventiladores equipo 4	¼ HP	12	4250	12750
5	Motor de banda transportadora	2 HP	1	3700	7400
				TOTAL (BTU/HR)	26525

Ítem 3 (luces del recinto).

Teniendo un total de 31 bombillas tipo led se toma la consideración del manual de BOHN.

$$\text{Carga por luces} = 1 \left(\frac{\text{watt}}{\text{pie}^2} \right) \text{ tenemos que para un volumen de } 39715 \text{ ft}^3$$

$$\text{Carga luces} = 1 \left(\frac{\text{watt}}{\text{pie}^2} \right) * 3782,4 \text{ ft}^2 = 3782,4 \text{ watts} = \mathbf{12918 \text{ BTU/h}}$$

Ítem 4 (Personal que interactúa en el cuarto).

Tabla 12
Calor Equivalente de Ocupación

Temperatura del Refrigerador °F	Calor Equivalente/Persona BTU/24Hrs.
50	17,280
40	20,160
30	22,800
20	25,200
10	28,800
0	31,200
-10	33,600

Figura 36. Tabla de carga producida por personal involucrado

El valor de la temperatura es de 26,6 °F buscamos el dato para ese valor de temperatura.

Tabla 14.

Tabla guía de temperatura de refrigeración.

Temperatura del refrigerador °F	Calor equivalente
30	22800
26,6	X
20	25200

Interpolando tenemos: $X = 23616$

Para un promedio de 25 personas tenemos:

$$\text{Carga ocupación} = 23616 * \frac{25}{24} = \mathbf{24600 \text{ BTU/h}}$$

Ítem 6 (Equipo montacargas).

Se cuenta con montacargas HYSTER 2.5 de 2200 Kg.

Tabla 14
Ganancia de Calor debida al Montacargas operado con Batería.

Capacidad de Carga lb.	Ganancia de Calor por Hora de Funcionamiento del Montacargas BTU/hr.*	Peso Total Aprox. del Montacargas lb.
2,000	14,000	6,000
4,000	21,000	8,000
6,000	23,000	12,000
8,000	26,000	14,000

* **Nota:** La ganancia del calor del montacarga con motor de combustión interna puede ser aproximado multiplicando la potencia del motor x 2,545. por el número de horas de operación (BTU / 24 hrs.)

Figura 37. Tabla de carga por equipo montacargas.

$$\text{Carga por equipo: } 21000 * 2 * 4 \text{ horas de trabajo} = 168000 \frac{BTU}{24h}$$

$$\text{Carga por equipo: } 168000 \frac{BTU}{24h} = \mathbf{7000 BTU/h}$$

El total de los misceláneos es:

Tabla 15.

Resumen total de cargas misceláneas.

ÍTEM	TIPO DE CARGA	CARGA
1	Motores	26525
2	Personal	24600
3	Luces	12918
4	Equipos	7000
5	TOTAL (BTU/h)	71043

Tabla 16.

Carga térmica producto de las paradas del cuarto.

ZONA	LADO (ft)	LADO (ft)	R	VALOR
TECHO.	59.1	64	33,3	125954
PARED	59.1	10.5	33,3	20664
NORTE.				
PARED SUR.	59.1	10.5	33,3	20664
PARED ESTE.	64	10.5	33,3	22378
PARED	64	10.5	33,3	22378
OESTE.				
PISO	59.1	64	33.3	125954
TOTAL (BTU/24h)				337992
TOTAL (BTU/h)				14083

6.6 Transmisión por infiltración

2. Carga por cambios de Aire				
Volumen	_____ pie ³ x	_____ Factor (Tabla 5) x	_____ Factor (Tabla 6)	= _____

Figura 40. Carga por cambios de aire.

volumen del cuarto: 39715 ft³

Tabla 5
Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento abajo de 32°F (0°C) debido a la apertura de puertas e infiltración

Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

Figura 41. Recomendaciones de humedad y conservación del producto (tabla manual BOHN)

Tabla 6
Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos de almacenamiento (BTU por pie³)

Temperatura del cuarto de almacenamiento		Temperatura del aire exterior											
		40°F (4.4°C)		50°F (10°C)		85°F (29.4°C)		90°F (32.2°C)		95°F (35°C)		100°F (37.8°C)	
		Humedad Relativa del Aire Exterior, %											
°F	°C	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8	—	—	—	—	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10.0	—	—	—	—	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2	—	—	—	—	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4	—	—	—	—	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.05
35	1.7	—	—	0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.58	0.66	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.90	2.97	3.35	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.80	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.20	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15.0	0.98	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.40	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.50	1.53	1.85	1.92	3.29	3.60	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2.00	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.10
-25	-31.7	1.77	1.80	2.12	2.21	3.61	3.84	4.00	4.30	4.39	4.80	4.78	5.21
-30	-34.4	1.90	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5.00	4.90	5.44

Las tablas 3,4,5 y 6 fueron extraidas y reimpresas con permiso de ASHRAE.

Figura 42. Cargas terminas por infiltraciones.

Debido a que estamos limitados en las tablas, tomaremos nuestra humedad como la mayor posible 60%.

Tabla 17.

Calor removido.

Temperatura de almacenamiento °C	Calor removido
-1.1	2.24
-3	X = (2,36)
-3.9	2.42

Carga por cambio de aire = Volumen del cuarto * factor tabla 5 * factor tabla 6

$$Carga\ por\ cambio\ de\ aire = 39715\ ft^3 * \frac{1.8}{24} * 2.36\ BTU/ft^3$$

$$Carga\ por\ cambio\ de\ aire = 7030\ BTU * h$$

6.7 Carga del producto

4. Carga del Producto (Tabla 7) (Carga del Producto estimada @ 24 hrs. Abatimiento)*	
(a) _____ Lbs./día x _____ Calor Especif. arriba del punto de congelación x _____ °F Disminución de Temp. inicial = _____	
_____ Lbs./día x _____ Calor Latente de Fusión	
_____ Lbs./día x _____ Calor Especif. abajo del punto de congelación x _____ °F Disminución de Temp. Final = _____	
(b) _____ galones de helado/día x _____ BTU/gal.(Tabla 19) x 2.4 (10 hrs. de Abatimiento)*	= _____

*Para otros tiempos de abatimiento de temperatura del producto diferente a 24 hrs. Suponer 24 hrs. de carga x (24/Tiempo de Abatimiento)

Mercancía	Condiciones de Almacenamiento			Punto de congelación Más alto °F	Calor Especifico Arriba del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Especifico Abajodel punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Latente de Fusión BTU/Lb	Densidad Aprox. de la Carga del producto Lb / pie³
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Papayas	45	85-90	1-3 semanas	30.4	0.82	0.47	130	-
Perejil	32	95	1-2 meses	30.0	0.88	0.45	122	-
Duraznos y nectarines	31-32	90	2-4 semanas	30.3	0.90	0.46	124	33
Peras	29-31	90-95	2-7 meses	29.2	0.86	0.45	118	47
Pimiento dulce	45-50	91-95	2-3 semanas	30.7	0.94	0.47	132	41
Pimientos, Chile seco	32-50	60-70	6 meses	-	0.30	0.24	17	-
Piñuas maduras	45	85-90	2-4 semanas	30.0	0.88	0.45	122	25
Ciruuelas, incluye ciruela pasa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.5	0.88	0.45	118	22
Granada	32	90	2-4 semanas	26.6	0.87	0.48	112	-
Semilla vegetal	32-50	50-65	10-12 meses	-	0.29	0.23	16	-
Maiz palomero	32-40	85	4-6 meses	-	0.31	0.24	19	-
Papás cosecha reciente	50-55	90	0-2 meses	30.9	0.85	0.44	116	42
Cosecha anterior	38-50	90	5-8 meses	30.9	0.82	0.43	111	-
Aves pollo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.79	0.42	106	38
Aves congeladas	-10-0	90-95	12 meses	27.0	0.79	0.37	106	-
Ganso fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.57	0.34	67	-
Pavo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.64	0.37	79	25
Calabaza	50-55	70-75	2-3 meses	30.5	0.92	0.47	130	-

Figura 43. Carga térmica del producto

Para aves pollo fresco a 32°F (0°C) la recomendación de la humedad relativa es entre **85 – 90%** para una vida útil de almacenamiento de 1 semana.

$$Carga\ (a) = 7500 \frac{lb}{h} * 0,79 \frac{BTU}{lb * °F} * 8°F = 47400BTU * h$$

$$Carga\ (b) = 7500 \frac{lb}{h} * 106 \frac{BTU}{lb} = 795000BTU * h$$

$$Carga (c) = 7500 \frac{lb}{h} * 0,42 \frac{BTU}{lb * ^\circ F} * 0,4^\circ F = 1260 BTU * h$$

$$Carga por producto = 52140 + 874500 + 1386 = 843660 \text{ BTU} * h$$

6.8 Suma de cargas

Tabla 18.

Resumen cargas térmicas cuarto frío de almacenamiento.

TIPO DE CARGA	VALOR (BTU-h)
PRODUCTO	843660
MISCELÁNEOS	71043
POR PAREDES	14083
CAMBIO DE AIRE	7030
TOTAL	935816

6.9 Cálculo de cargas utilizando el software keeprite design

Figura 44. Imagen de la interfaz de cálculo de KeepRite.

Se realiza el cálculo de cargas usando KeepRite con el fin de comparar y revisar que los cálculos hechos manualmente (ver **Anexo B** – Cálculo de cargas con KeepRite), para lo que se obtiene:

- Cálculo con Manual: 935816 BTUH.
- Cálculo con KeepRite: 987298 BTUH.

Con una diferencia de 51482 BTUH, Lo que representa un 5,5% de diferencia. Se asume que la diferencia es admisible.

7. Optimización energética del cuarto de almacenamiento para despacho Avidesa Mac Pollo

En búsqueda de mejorar las condiciones energéticas del cuarto se desarrollaron las siguientes actividades:

a. MONITOREO DE PARÁMETROS DE LOS EQUIPOS.

1. Instalación de transformadores de corriente de precisión.
2. Instalación de multímetro digital LOVATO DMG610.
3. Instalación de termopar PT-100.

- **Zona de evaporadores**

- **Zona de acceso al personal y entrada y salida del producto.**

- **Zona de futura pared antecámara.**

- **Zona de antecámara, puertas de despacho**

4. Instalación de convertidor de señales análogas a digital.

5. Instalación de pantalla HMI para visualización y monitoreo de parámetros del cuarto.

b. ADECUACIONES LOCATIVAS Y MEJORAS DE LOGÍSTICA.

1. Instalación de cortinas de aire.
2. Instalación de antecámara para sistema de despacho del producto.
3. Distribución de producto en el cuarto de almacenamiento.

c. CAMBIOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

1. Cambio en el refrigerante utilizado en el sistema.

d. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.

A continuación se presentan cada una de las actividades de mejora:

7.1 Monitoreo de parámetros de los equipos

Para realizar un monitoreo real de los parámetros eléctricos de los equipos existentes se instalaron en los tableros de control los siguientes elementos al igual que otros dispositivos para controlar algunos parámetros importantes del cuarto de almacenamiento.

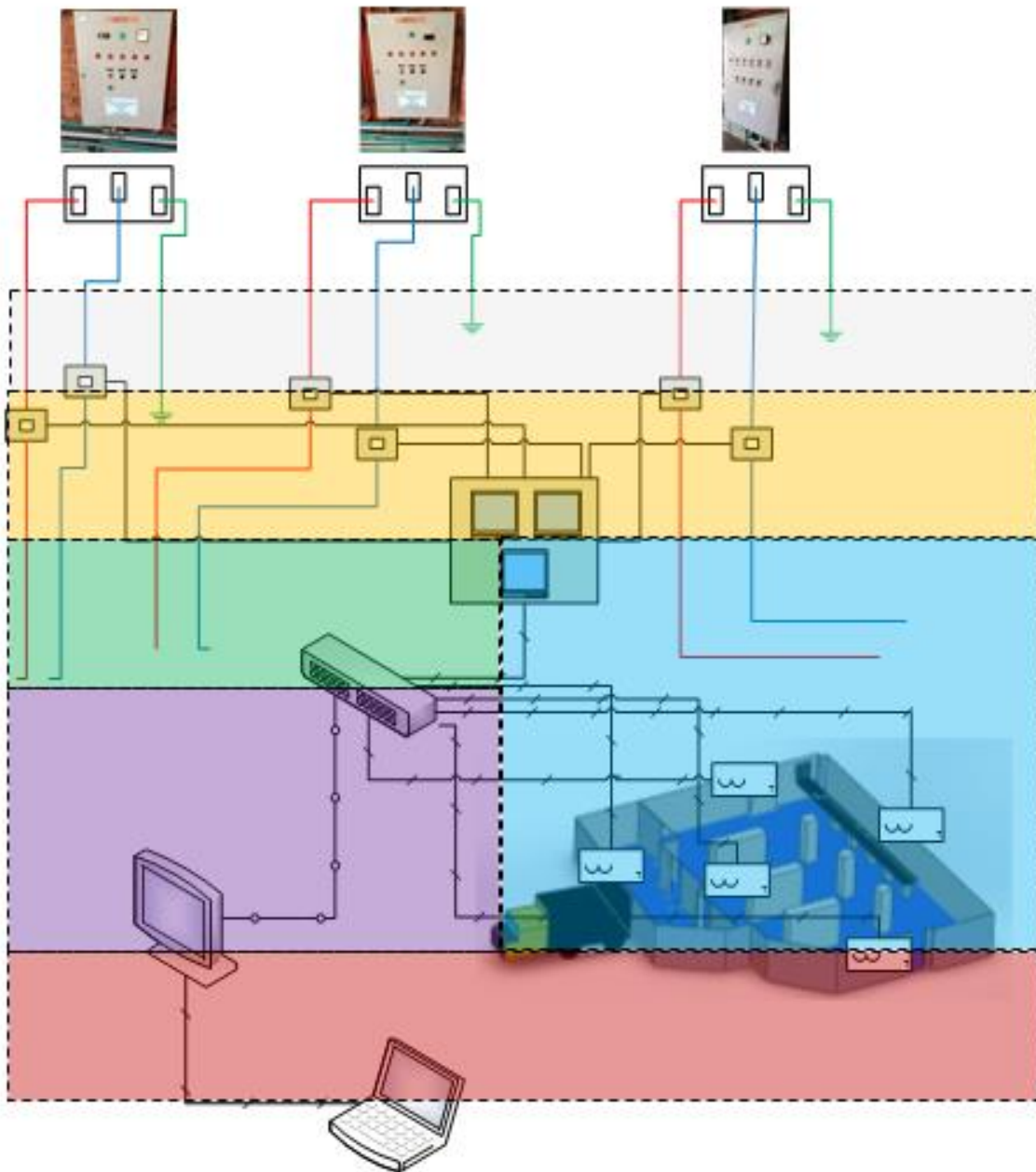


Figura 45. Instalación de equipos de control para la optimización del cuarto.

Ver Anexo C – Equipos del Sistema de Monitoreo.

7.1.1 Instalación de transformador de corriente de precisión. (NUEVO)

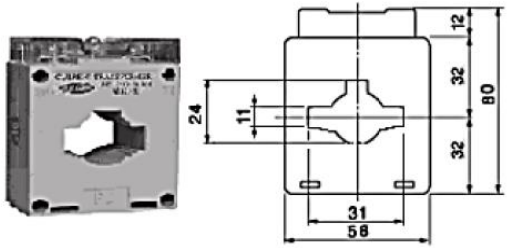



Figura 46. Transformadores de corriente.

Tabla 19.

Descripción transformadores de corriente.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TODAS LAS MAQUINAS).	
REFERENCIA	54190
MODELO	MSQ-30
MARCA	EBC HQ
RANGO DE	100/5
MEDICIÓN (AMP)	
VOLTAJE (V)	< 600
FRECUENCIA (HZ)	50/60

Este dispositivo será utilizado para cada una de las fases de la alimentación de los compresores a utilizar nos permite medir y monitorear sistemas de alta tensión, cuyos valores de corriente son tales que no pueden ser medidos directamente por un sistema o dispositivo digital.

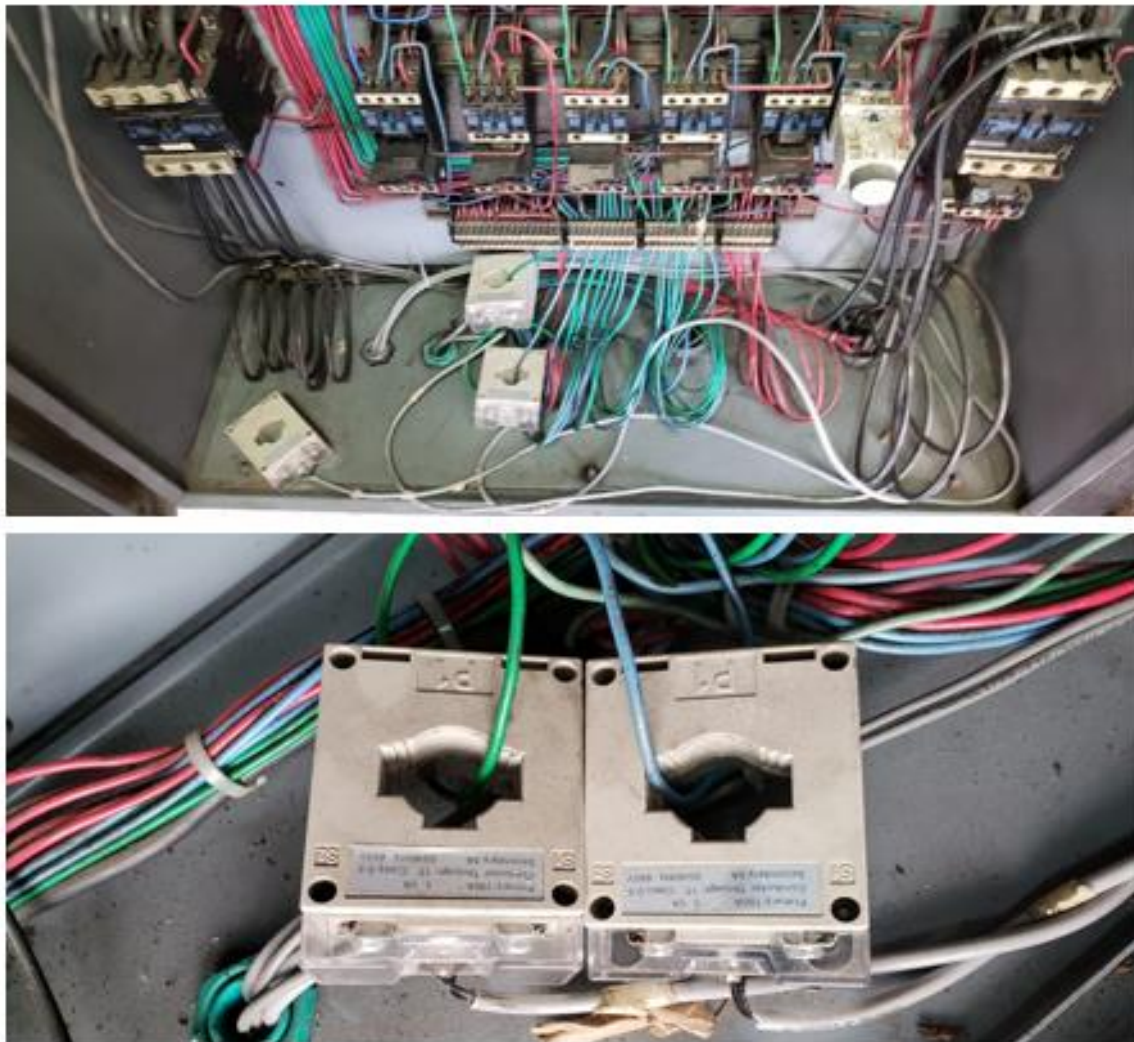


Figura 47. Transformadores de corriente CTS cerrado.

Cuando se encuentra encendido la maquina envía la señal de los valores de voltaje, amperaje y potencia. Siendo parte del primer ciclo de toma de datos reflejado en la Figura 47. Este elemento posee conexión en sus terminales que envían la señal del valor de amperaje y voltaje del sistema.

7.1.2 Instalación de multímetro digital LOVATO DMG610. (NUEVO)



Figura 48. Equipo multímetro digital marca LOVOTODMG-610

Se realiza la instalación de 3 multímetros digitales sobre un tablero de visualización para cada uno de los compresores involucrados en el cuarto a optimizar.

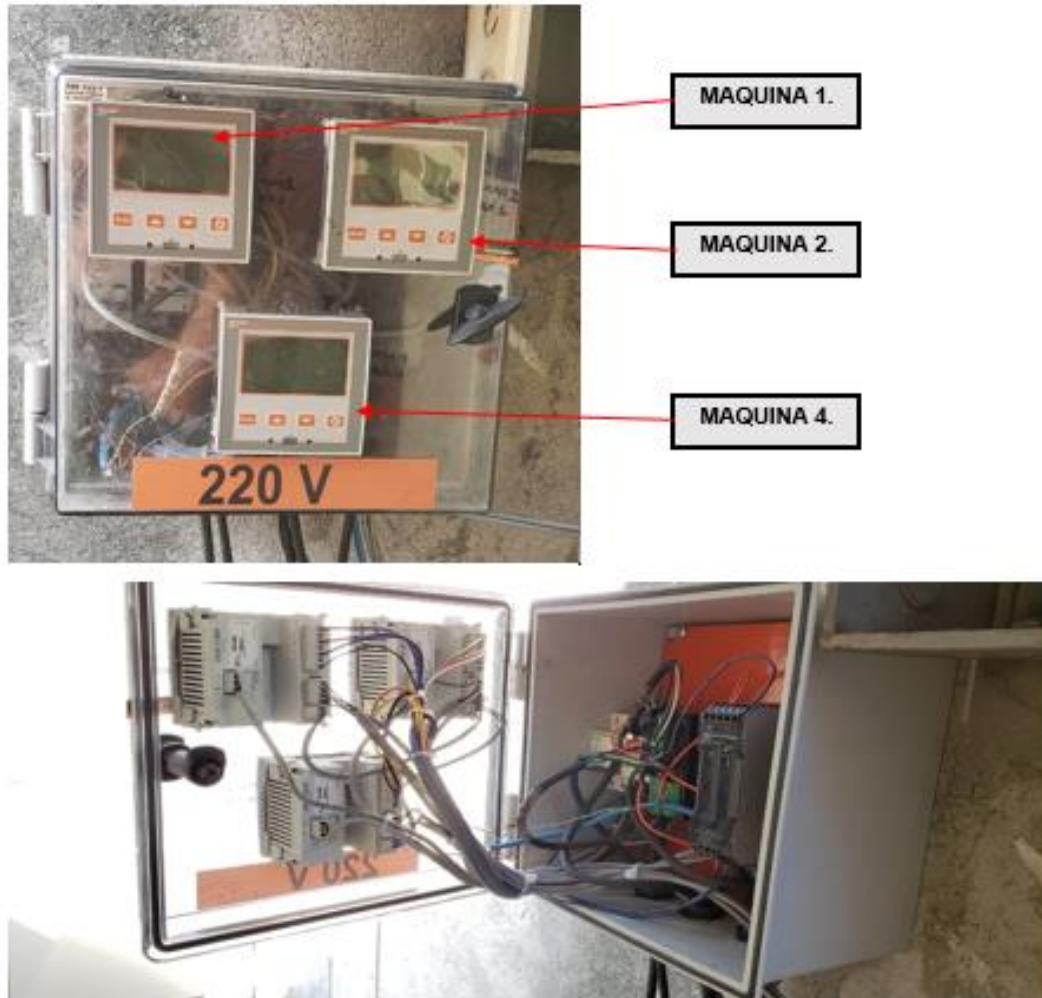


Figura 49. Tablero instalación de multímetro digitales.

Después de alimentar y realizar la conexión de las señales de los transformadores CTS en el multímetro digital, realizamos la conexión con el convertidor de señales.

7.1.3 Instalación de termopar PT-100. (Nuevo). Para tener una mejor claridad de la distribución de temperatura del cuarto de almacenamiento se realizó la instalación de unos medidores de temperatura tipo PT 100, distribuidos de la siguiente manera.

Inicialmente en el cuarto se utilizaba un sistema de medición de temperatura a través de un Datalogger el cual se conoce a nivel de la empresa como Sistema de termo-registro, el cual es un dispositivo encargado de sensar la temperatura y almacenar datos. Este dispositivo según el manejo se debe posicionar detrás de los evaporadores para tener una medida clara de la temperatura ya que esta es la zona de menos presión en el cuarto, pero se presentan problemas ya que siempre era ubicado frente a los difusores, en la zona de mayor turbulencia.



Figura 50. Termo registro data Logger (existente)

Además, este dispositivo no permite conocer en tiempo real el informe de temperaturas, sino que este se debe descargar cada 24 horas para generar una plantilla la cual se envía a través de correo para hacer la revisión de temperaturas del cuarto. Por tanto, cualquier problema que se presentara

con la calidad de temperatura de producto era conocido 24 horas después, generando que cualquier opción de mejora tanto correctiva o preventiva se evaluara y ejecutara 24 horas después.

Para esta situación se instala un sistema de termopares PT-100 de cabezal industrial el cual está conectado a su vez al sistema de medición de energía del sistema para conocer en tiempo real el comportamiento de la variable temperatura, en conjunto con los consumos de potencia y energía.

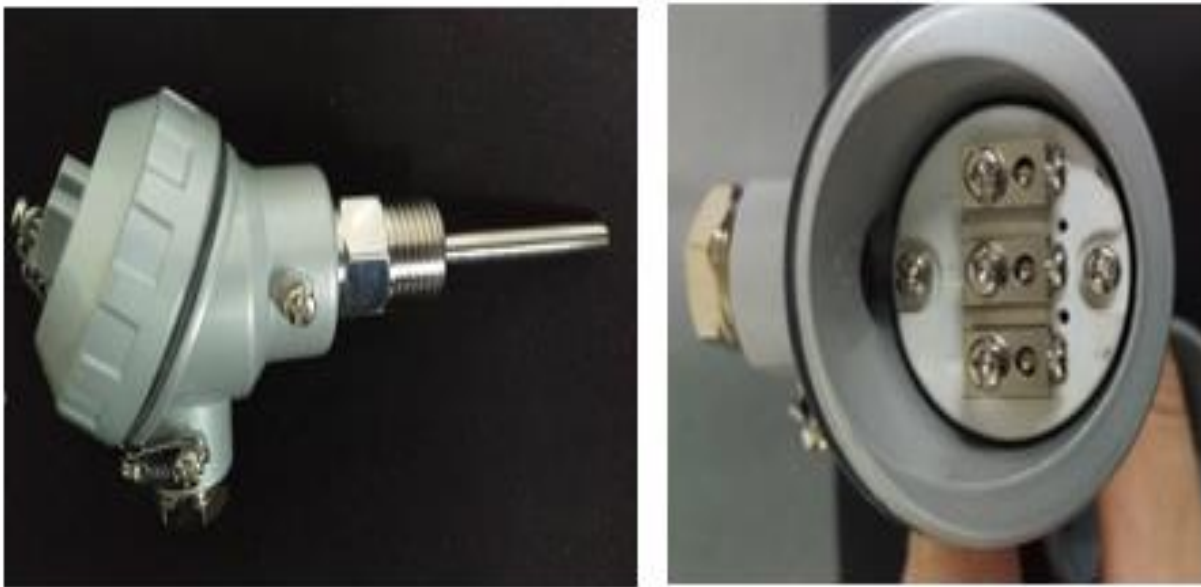


Figura 51. Termopar con cabezote de aluminio rango (-40° a 700°C)

Estas termopar se instalaron en diferentes partes del cuarto teniendo en cuenta las entradas de aire caliente, del personal y a su vez el aumento de la carga calorífica al presentarse la apertura de puertas de muelles de carga y descarga; con el fin de obtener una idea de cuáles eran las zonas más calientes en el recinto.

A continuación, se puede ver la distribución de los PT-100 alrededor del cuarto de almacenamiento.

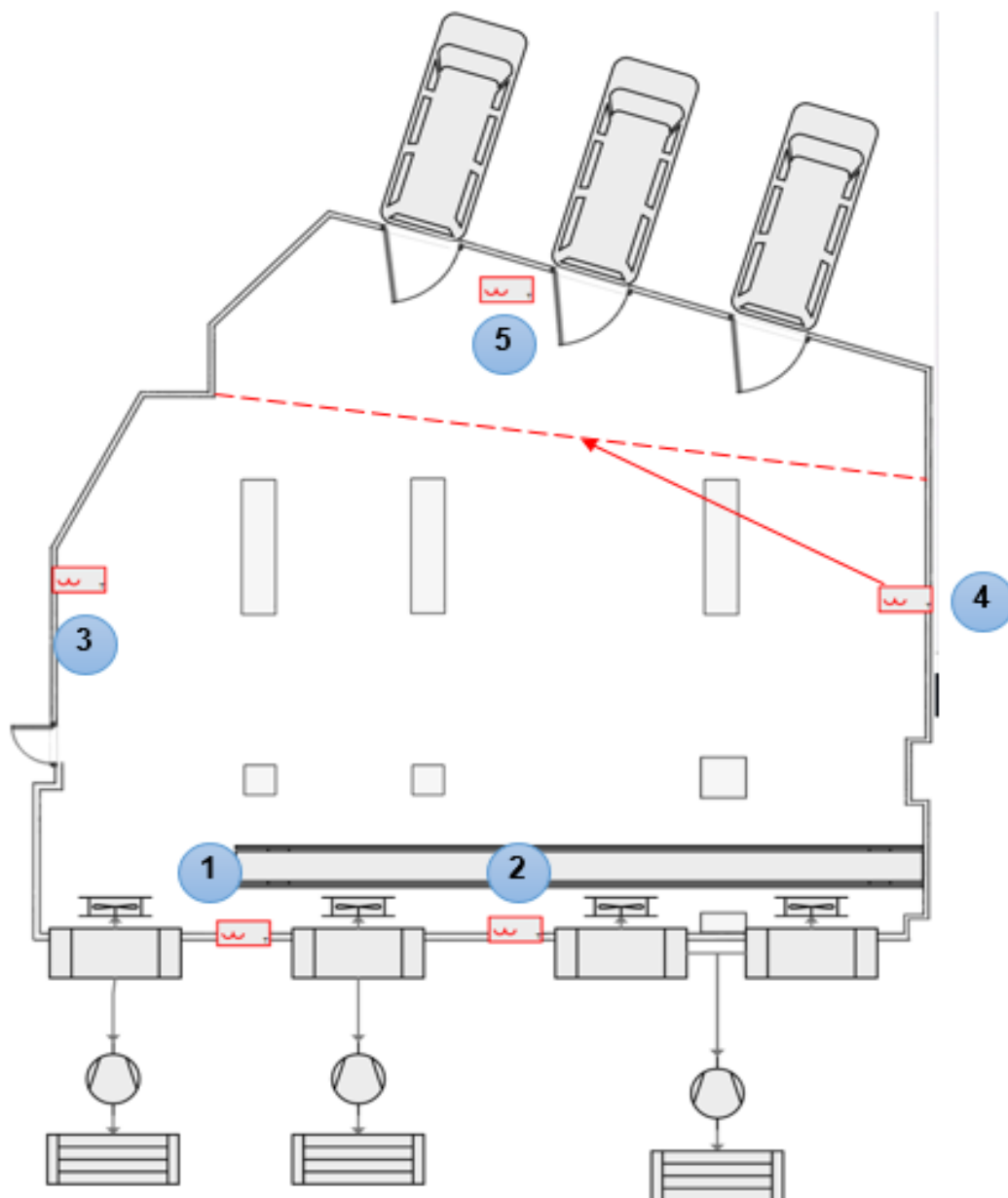


Figura 52. Instalación de PT-100 número 1 a 5.

La distribución de los PT-100 alrededor del cuarto como se ve en la figura busca tener la información del prorateo de la temperatura alrededor del cuarto y su constante monitoreo.

Zona de evaporadores



Figura 53. Instalación PT-100 número 3.

Zona de acceso al personal y entrada y salida del producto.



Figura 54. Instalación PT-100 en pared de cámara número 5

Zona de futura pared de antecámara.



Figura 55. Instalación de PT-100 en antecámara.

Zona de antecámara, puertas de despacho.



Figura 56. Instalación de PT-100 puertas de despacho

7.1.4 Instalación de convertidor de señales analógicas a digital. (Nuevo). Siguiendo con la toma de datos del cuarto y después de tener la información de los transformadores y PT-100 se realiza la conexión al elemento receptor de las señales las cuales las convierte para luego ser visualizadas.

El elemento encargado de ese trabajo es FIOA modelo FIOA-0800-RP el cual tiene 8 entradas analógicas (PT-100). Tiene dos (2) Puertos de comunicación de cable RS485). El puerto COM se usa para conectar cualquier dispositivo maestro Modbus (PLC / SCADA / Interfaz de hombre maquina (HDMI).

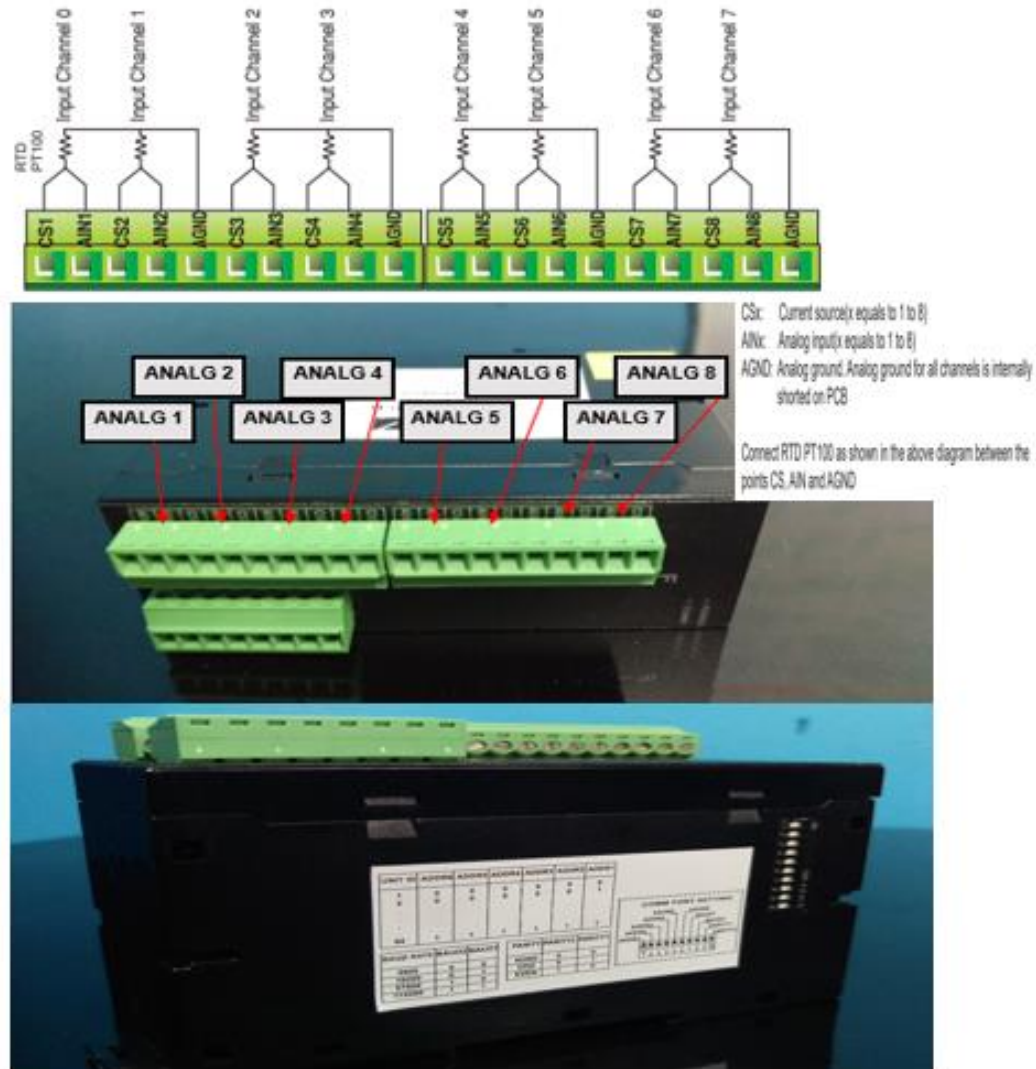


Figura 57. Convertidor de señales análogas RENU

7.1.5 Instalación de pantalla HMI para visualización y control de parámetros del cuarto (nuevo). Se realiza la interfaz de un sistema HMI para poder visualizar y controlar las variables necesarias para buscar la mejor condición energética del cuarto. El panel instalado fue el Touch Panel HMI DOP-B07S411 marca DELTA.

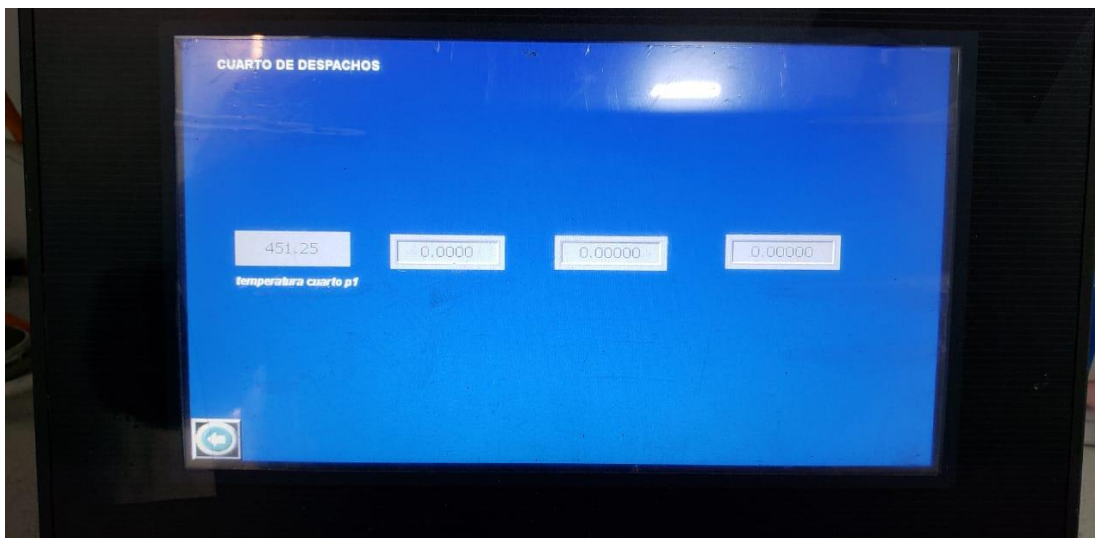


Figura 58. Visualización de los valores PT-100 del cuarto de almacenamiento.

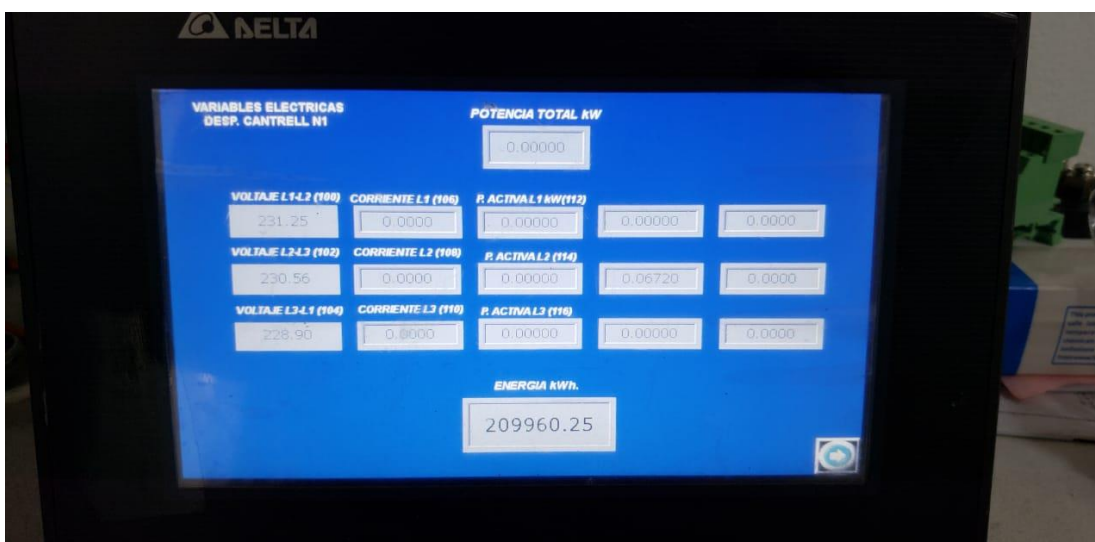


Figura 59. Configuración pantalla HMI

Con el panel HMI podemos obtener y visualizar los datos más importantes del proceso para ver el comportamiento en tiempo real del cuarto de almacenamiento y las condiciones del producto.

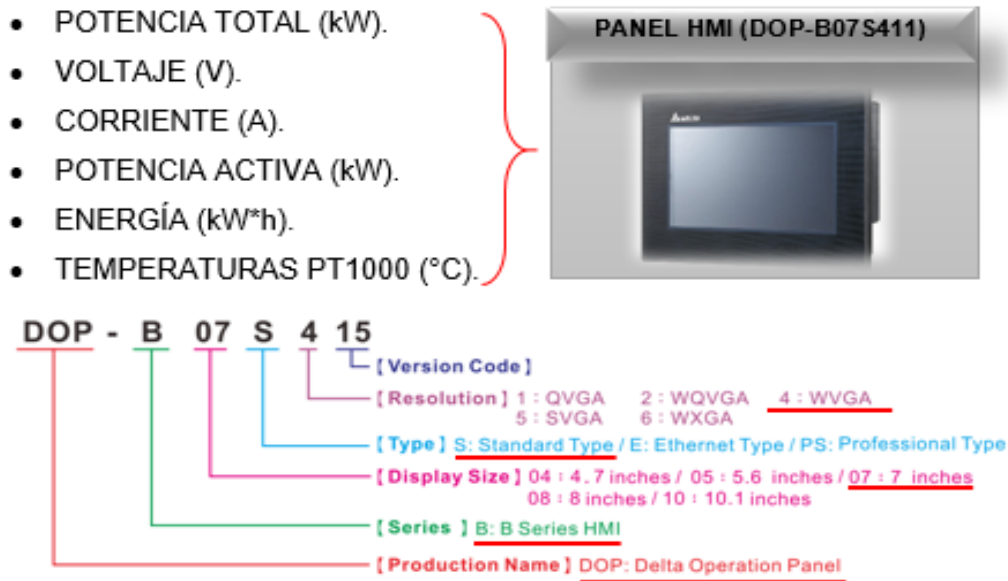


Figura 60. Panel HMI (DOP B07 S411)

Tabla 20.

Características del panel de operación delta DOP –B07 S411

CARACTERÍSTICAS DE PANEL DELTA (DOP-B07S411)	
Tamaño y resolución	7” – (800 x 400) pixeles
Puertos de comunicación	R232 / RS422 / RS485
Transferencia de datos	RS232 / USB
Nivel de protección	IP 65
Método de refrigeración	Circulación de aire natural
Potencia de consumo	4 W
Rangos de humedad	(10%-90% (HR) @ (0~40°C) ; (10%-55% (HR) @ (41~50°C)
Temperatura de operación	0°C ~ 50°C
Compatibilidad	Sistema operativo Windows XP, vista y 7.
Dimensiones (W*H*D) mm	215 * 162 * 50

7.2 Adecuaciones locativas y mejoras de logística

7.2.1 Instalación de cortinas de aire. (Nuevo). Para reducir la carga térmica generado por la infiltración por la apertura constante y de larga duración de los muelles de carga se decide utilizar cortinas de aire en cada una de las puertas de despacho.



Figura 61. Instalación de cortinas de aire en zona de despacho del producto

N2

- ETL sanitation certified to ANS/NSF 37 standards
- Installation heights
Flying insect and temperature control up to 7'
- Designed for front doors
- Easy to install and maintain
- Washable aluminum mesh filter—Optional
- Heat options—not available
- Standard color—Obsidian Black

Model	Door Width Inches	Door Height Feet	Avg Velocity (fpm)	Volume (cfm)	1 Phase 115V	FULL LOAD AMPS			Motor Horse Power	dBA Sound Pressure Level	Net Wt. LBS. Unheated	Certifications				
						208V 230V	208V 230V	460V				AMCA	ETL	ETL		
N2																
N2 36	36"	7'	2206	1379	5.1	2.5/2.5	1.8/1.6	0.8	1 @ 1/2	66	60	AMCA	ETL	ETL		
N2 42	42"	7'	1945	1418	5.1	2.5/2.5	1.8/1.6	0.8	1 @ 1/2	66	65	AMCA	ETL	ETL		
N2 48	48"	7'	1730	1442	5.1	2.5/2.5	1.8/1.6	0.8	1 @ 1/2	66	70	AMCA	ETL	ETL		
N2 72-2	72"	7'	2206	2758	10.2	5.0/5.0	3.6/3.2	1.6	2 @ 1/2	68	120	AMCA	ETL	ETL		

- The AMCA Certified Rating Seal applies to airflow rate, average outlet velocity, outlet velocity uniformity, velocity projection and power rating at free delivery only.
- Rated data shown are only for base (unheated) units, as shown.
- Performance data obtained from the correction factors shown herein are only an approximation and shall not be considered as part of the AMCA Certified Rating.

Figura 62. Especificaciones de cortinas de aire en muelles de carga marca MARS

Figura 63. Interfaz de cálculo y valor de la carga de infiltración sin cortinas de aire.

The screenshot shows the 'Load Calculator' software interface. The window title is 'Load Calculator'. The interface is divided into several sections:

- Job / Site Details:** My Info: Avidesa Mac Pollo S.A, Florida, Oscar Mauricio Rincon; Customer Info: (empty); Job/Project Name: Cuarto Almacenamiento.
- System Details:** System Name: WAREHOUSE COOLER; Description: Multipurpose, product generally enters at or near room temperature, higher ceilings require higher a...
- Design Requirements:** Box Application: WAREHOUSE COOLER; Box Interior Temperature (°F): 26,6; Box Exterior Temperature (°F): 84,2; Box Interior Relative Humidity (%): 95,0; Box Exterior Relative Humidity (%): 80,0.
- Quick Box:** Length (ft): 64,00; Depth (ft): 59,10; Height (ft): 10,50; Floor Type: On Grade; Box Location: Indoors, Outdoors, Outdoors (Cold Climate).
- Cooling Loads:**

Wall Load 2%	17.884	Product Load 86%	762.045
Infiltration Load 5%	42.625	Miscellaneous Load 7%	65.287
Safety Factor (%)	5	Total Hourly Load (BTUH)	887.840
System Run-Time Hours	24	Total Load Required (BTUH)	932.232
		Capacity Required (BTUH)	932.232
- Equipment Details:** Select Equipment table with columns: QTY, Model Number, Descriptions, Voltage, Options.

At the bottom, there are buttons for Close, Preview, Print, Save As Template, and Save. The status bar shows 'App Data Version : 5'.

Figura 64. Interfaz de cálculo y valor de la carga de infiltración con cortinas de aire.

7.2.2 Instalación de recámara para sistema de despacho del producto. (Nuevo). Para minimizar el impacto debido a la infiltración de carga térmica producida en los muelles por la apertura de puertas y el exceso de canastas de producto en el cuarto de almacenamiento se tomó la decisión de realizar una separación de un área (antecámara) para dividir y disminuir la zona de influencia térmica exterior y el exceso de carga térmica en canastas con producto con 3 puertas corredizas selladas. El montaje de la pared divisoria se realiza montando un sistema de aislamiento térmico de poliuretano de 4" de espesor tipo lamina-lamina.



Figura 65. División de recamaras cuarto de almacenamiento y despacho



Figura 66. Sección de recamara cuarto de almacenamiento

Estas mejoras estructurales se deciden, ya que no fue posible una inversión inmediata en equipos nuevos, aunque se pierde espacio de almacenamiento es la opción más económica con respecto a la compra de equipos de refrigeración nuevos.



Figura 67. Sistema de puertas de recámara

7.2.3 Distribución de producto en cuarto de conservación. (Mejora logística). Debido a la forma en la que se ubicaba el producto, este siempre se encuentra en canastas de 60cmx40cmx25cm, es decir se amontonaba sin dejar pasillos que permitieran que el aire fuera hasta el final del cuarto, se presentaba mala distribución del aire en la zona. La única zona que se dejaba para desplazamientos y despacho era el borde perimetral del cuarto y el espacio frente a los evaporadores, por la acción de apilamiento de canastas que viene de la banda transportadora de la zona de proceso.



*Figura 68.*Distribución del producto en cuarto de almacenamiento

7.2.4 Mejora de distribución. Se deben realizar apilamiento de máximo 7 canastas por columna y dejando pasillos cada 3 canastas de 60 cm para mejorar el flujo de aire y evitando que los pasillos por donde va a fluir el aire lleguen de frente a las puertas de la antecámara y manteniendo el pasillo perimetral, para el desplazamiento del personal y la zona de apilamiento.

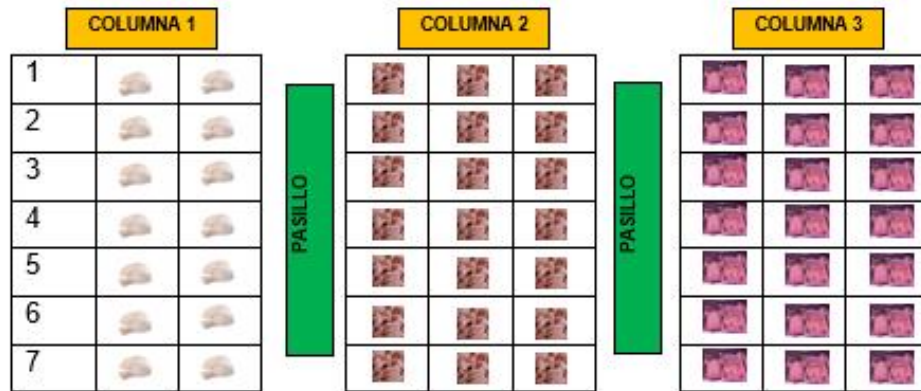


Figura 69. Nueva distribución de sistema de canastas.

7.3 Cambios en el sistema de refrigeración

7.3.1 Cambio en el refrigerante utilizado en el proceso (nuevo). Con la intención de cumplir con las normas internacionales de eliminación de sustancias que deterioran la capa de ozono firmados en el protocolo de Montreal y sin perder la eficiencia requerida para el proceso de conservación del producto se decide realizar el cambio del refrigerante R22 (clorodifluorometano) el cual es un gas que genera un gran impacto para el calentamiento global por un gas refrigerante

sintético (mezcla azeotrópica) R507 más amigable con el ambiente y con unas buenas propiedades termodinámicas y físicas de las cuales procederemos a realizar un comparativo.

Para que un equipo pueda ser utilizado como refrigerante debe reunir ciertas propiedades, tanto termodinámicas como físicas. El refrigerante ideal, sería aquél que fuera capaz de descargar en el condensador todo el calor que absorba del evaporador.

7.3.1.1 Gas refrigerante R-22 (existente).

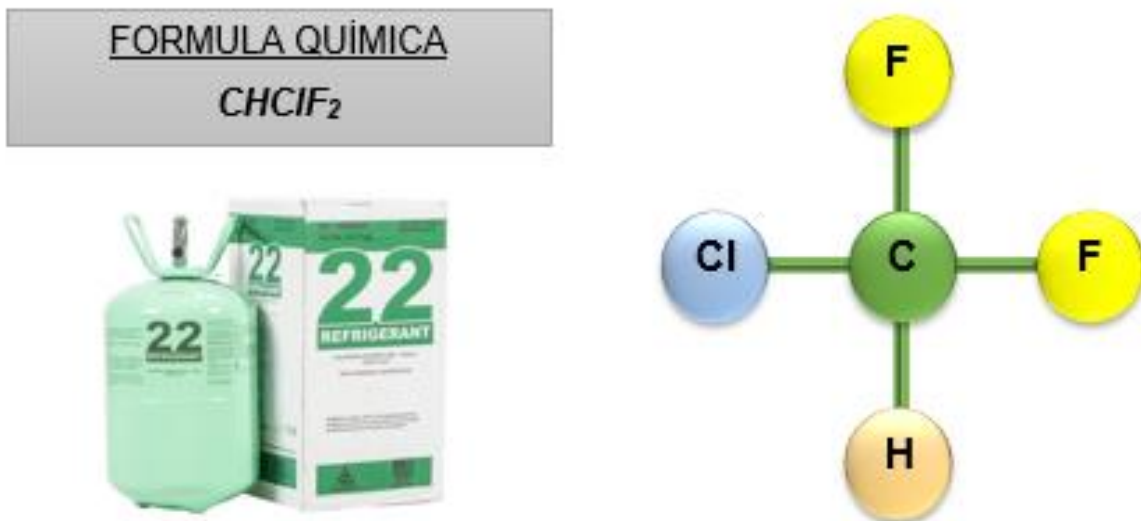


Figura 70. Formula química del gas refrigerante R-22

Tabla 21.

Propiedades termodinámicas y físicas del gas refrigerante R-22

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	R-22
Componentes	-	R-22
Composición	% masa	100
Masa molecular	g / mol	86,5
Temperatura de ebullición (a 1,013 bar).	°C	-40,7
Deslizamiento de temperatura en ebullición (a 1,013 bar).	K	0
Densidad del líquido (a 25 °C).	kg / dm ³	1,194
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar).	kg / m ³	4,70
Temperatura crítica.	°C	96
Presión crítica.	bar	49,8
Densidad crítica.	kg / m ³	0,525
Calor específico a 25°C.	kJ / kg * K	1,26
• Líquido	kJ / kg * K	0,662
• Vapor (a 1,013 bar).		
Inflamabilidad en el aire.	-	NINGUNA
ODP	-	0,055
GWP	-	1810

7.3.1.2 Gas refrigerante R-507 (nuevo). El R-507 es una mezcla (azeotrópica) sin deslizamiento (Glide), comportándose como un producto puro. Por este motivo podemos hacer la carga en el sistema usando tanto la fase líquida como la fase vapor. No hay cambios de composición en las fugas. Muy buena alternativa en evaporadores inundados.

El R-507 (HFC-507A), compuesto inocuo para la capa de ozono, fue desarrollado para ser una alternativa a largo plazo a los refrigerantes R-502 (CFC-502) y R-22 (HCFC-22) en aplicaciones de refrigeración de media y baja temperatura.

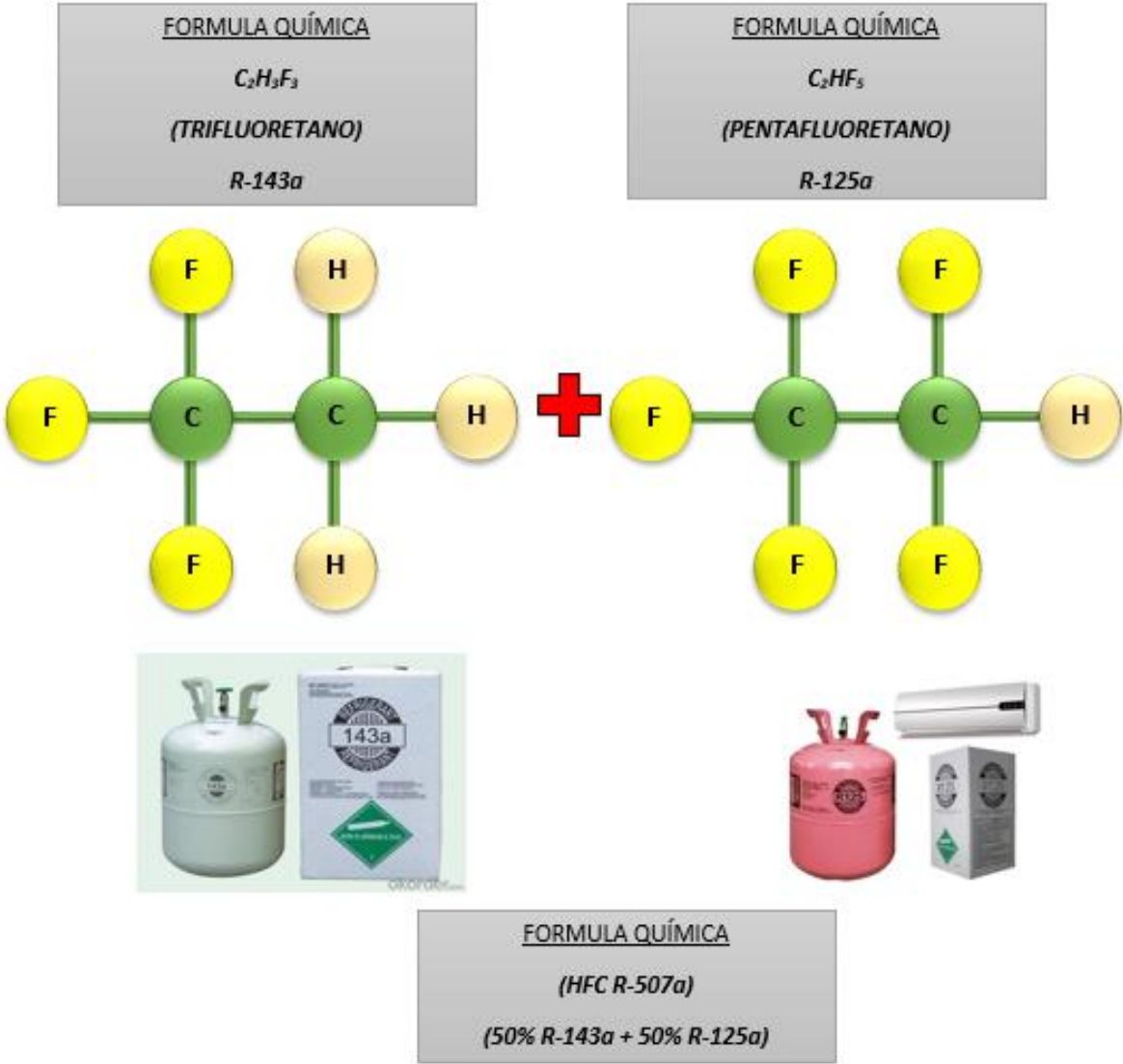


Figura 71. Formula de gas refrigerante HFC R-507a.

Tabla 22.

Propiedades termodinámicas y físicas del gas refrigerante R-507a

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	R-507
Componentes	-	R-142a+R125
Composición	% masa	50 / 50
Masa molecular	g / mol	98,8
Temperatura de ebullición (a 1,013 bar).	°C	-47,1
Deslizamiento de temperatura en ebullición (a 1,013 bar).	K	0
Densidad del líquido (a 25 °C).	kg / dm ³	1,04
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar).	kg / m ³	5,51
Temperatura crítica.	°C	71
Presión crítica.	bar	37,2
Calor latente de vaporización.	kJ / kg	196
Calor específico a 25°C.	kJ / kg * K	1,64
• Líquido	kJ / kg * K	0,87
• Vapor (a 1,013 bar).		
Inflamabilidad en el aire.	-	NINGUNA
ODP	-	0
GWP	-	3985

Debido a que estamos hablando de un cambio de refrigerante, vamos a tener en cuenta las propiedades tanto termodinámicas como físicas de los dos refrigerantes para ver si se procedió con una buena selección del refrigerante nuevo.

7.3.2 Propiedades termodinámicas a tener en cuenta.

Presión

- Debe operar con presiones positivas.

Temperatura

- Debe tener una temperatura crítica por arriba de la temperatura de condensación.
- Debe tener una temperatura de condensación.
- Debe tener una temperatura de congelación por debajo de la temperatura del evaporador.
- Debe tener una temperatura de ebullición baja.

Volumen

- Debe tener un bajo volumen específico en fase de vapor, y un valor alto de volumen en fase líquida.

Entalpia

- Debe tener un valor alto de calor latente de vaporización.

7.3.3 Propiedades físicas y químicas

- No debe ser toxico.
 - No debe ser explosivo ni inflamable.
 - Fácil de detectar cuando se fuga.
 - No debe tener efecto entre otros materiales.
 - Debe ser miscible en el aceite.

- No debe reaccionar con la humedad.
- Debe ser compuesto estable.

7.3.4 Comparativo entre el R-22 y el R-507

Presión

Las presiones que actúan en un sistema de refrigeración son de gran importancia. Como se anunciaba anteriormente se debe operar con presiones positivas; es decir, las presiones tanto en el condensador como en el evaporador, deben ser superiores a la presión atmosférica. Si la presión del evaporador es negativa, es decir, que esté trabajando en vacío, hay riesgo que por una fuga entre aire al sistema. Por eso se debe tener en cuenta que la presión de evaporación sea lo más baja posible, pero un poco mayor a la presión atmosférica.

La presión de condensación debe ser lo suficiente baja, ya que esto determina la robustez del compresor y el condensador. Mientras más alta sea la presión, se requiere un equipo más robusto y, por lo tanto, más costoso.

Realizando la comparación de las presiones de las tablas termodinámicas tenemos:

Tabla 23.

Propiedades termodinámicas de refrigerantes.

Refrigerante	Evaporador (-15°C)		Condensador (30°C)	
	kPa	psi	kPa	psi
R-12	183	11.8	754	93.2
R-22	296	28.2	1192	158.2
R-170	1627	221.3	4660	661.1
R-507a	381.3		1465	

Se observa que respecto a la condición de presión los valores están muy cercanos así que es viable ya que se puede utilizar los mismos equipos ya que las presiones están cercanas.

Temperatura

Debemos tener en consideración tres (3) temperaturas importantes en la selección de un refrigerante. Estas son: la de ebullición, la crítica y la de congelación.

La temperatura de ebullición de un refrigerante siempre es referida respecto a la presión atmosférica normal de (101,325 kPa). El punto de ebullición de un refrigerante debe ser bajo, para que, aun operando a presiones positivas, se pueda tener una temperatura baja en el evaporador.

La otra temperatura a considerar cuando se selecciona un refrigerante, es la temperatura crítica, sobre todo para el diseño del condensador, ya que ningún vapor se condensa a una temperatura mayor a la crítica, aunque la presión sea muy alta.

La otra temperatura que se debe tener en cuenta es la de congelación, debe ser más baja que la temperatura del evaporador. No se puede utilizar un refrigerante que se congele a la temperatura de trabajo del evaporador.

Tabla 24.

Temperaturas características de los refrigerantes.

Refrigerante	TEMPERATURAS EN (°C)		
	EBULLICIÓN	CRÍTICA	CONGELACIÓN
R-12	-29.8	112	-158
R-22	-40.7	96	-160
R-170	-88.6	32.3	-172
R-507a	-45.4	82.8	-

Volumen

Para realizar una comparación de las densidades de gases, es común realizar la expresión en volumen específico. El cual indica las condiciones de volumen (m^3) o litros (l) que ocupa un (kg) de refrigerante en condiciones normales; temperatura de 20°C y presión atmosférica 101,3 kPa.

En los sistemas de refrigeración, al agregar calor al refrigerante, aumenta su temperatura y volumen específico, pero su presión permanece constante ya que en el evaporador en la succión y en el condensador la temperatura de saturación es la que controla la presión del vapor sobrecalentado.

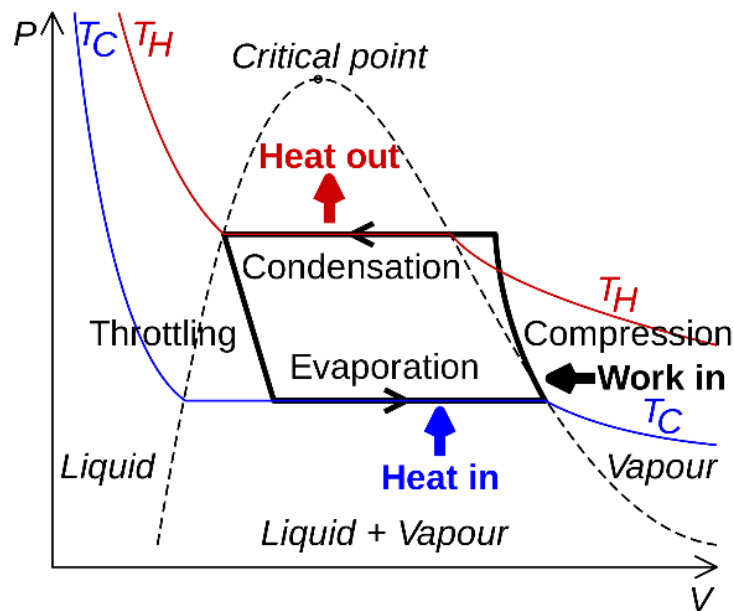


Figura 72. Grafico P-V proceso de refrigeración.

En la tabla se puede observar el comportamiento del refrigerante R-718 (Agua) el cual tiene un volumen específico de 1 l/kg, esto indica que 1 kg de agua ocupa un volumen de 1 litro y será tomado de referencia.

Tabla 25.

Datos de volúmenes específicos de diferentes refrigerantes.

REFRIGERANTE	Volumen específico (l/kg)	
	Líquido (vf)	Vapor (vg)
R-718 (agua)	1	152,6
R-12	0,6925	91,1
R-22	0,7496	77,6
R-30	0,7491	3115,1
R-507a	0,9704	51

Se puede observar que la expansión por el cambio de fase entre el R-22 (77,6 litros) y R-507a (51 litros) es muy parecido, cosa que no sucede con el R-30 (3115,1 litros) el cual tiene un aumento muy alto en su volumen en su fase vapor indica que requiere un compresor centrífugo que maneje grandes cantidades de vapor de refrigerante.

Entalpia

Es la propiedad que representa la cantidad total de energía térmica o contenido de calor, en un fluido. En los trabajos en donde existe transferencia de calor se manejan los cambios de entalpia que ocurren durante el proceso, para cada refrigerante se muestran en las tablas de propiedades termodinámicas los valores de entalpia en fase líquida (h_f), calor latente (h_{fg}) y la entalpia fase vapor (h_g).

- Entalpia de líquido saturado (h_f): Este valor es la cantidad de Kilocalorías por cada kilogramo de refrigerante líquido saturado.

- Entalpia de evaporación (h_{fg}): Este valor corresponde a la cantidad de calor que se requiere un kilogramo de líquido, para cambiar a un kilogramo de vapor a temperatura constante.

- Un refrigerante debe preferiblemente contar con un valor de calor latente de evaporación alto, ya que eso hace posible la refrigeración. Mientras mayor sea este valor, se requeriría circular menos volumen de refrigerante.

Temp. °C	PRESION		VOLUMEN		DENSIDAD		ENTALPIA kcal/kg			ENTROPIA kcal/kg K	
	kPa	psig	Líquido l/kg v _f	Vapor m ³ /kg v _g	Líquido kg/m ³ l/v _f	Vapor kg/m ³ l/v _g	Líquido h _f	Latente h _{fg}	Vapor h _g	Líquido s _f	Vapor s _g
-60	37	18.95 *	0.682	0.538	1.466	1.862	-4.93	58.36	53.43	-0.022	0.252
-55	49	15.31 *	0.689	0.415	1.452	2.411	-3.72	57.73	54.01	-0.016	0.248
-50	64	10.90 *	0.695	0.325	1.438	3.081	-2.50	57.08	54.58	-0.011	0.245
-45	83	5.48 *	0.702	0.257	1.424	3.891	-1.26	56.40	55.14	-0.005	0.242
-40	105	0.52	0.709	0.206	1.410	4.860	0.00	55.70	55.70	0.000	0.239
-35	132	4.40	0.717	0.166	1.395	6.010	1.27	54.97	56.24	0.005	0.236
-30	163	9.01	0.724	0.136	1.380	7.362	2.56	54.22	56.78	0.011	0.234
-25	201	14.45	0.733	0.112	1.365	8.940	3.87	53.43	57.30	0.016	0.231
-20	245	20.81	0.741	0.093	1.350	10.771	5.19	52.62	57.81	0.021	0.229
-15	296	28.19	0.750	0.078	1.334	12.882	6.53	51.78	58.31	0.026	0.227
-10	354	36.69	0.759	0.065	1.318	15.305	7.88	50.91	58.79	0.032	0.225
-5	421	46.41	0.768	0.055	1.302	18.071	9.26	50.00	59.26	0.037	0.223
0	498	57.43	0.778	0.047	1.285	21.215	10.65	49.05	59.70	0.042	0.221
5	584	69.97	0.789	0.040	1.268	24.779	12.06	48.07	60.13	0.047	0.220

Table 1 (continued)
DuPont™ Suva® 507 Saturation Properties—Temperature Table

Temp (°C)	Pressure (kPa)		Density (kg/m ³)		Volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)			Entropy (kJ/K-kg)	
	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Latent	Vapor	Liquid	Vapor
-50	88.0	88.0	1328.0	4.892	0.0008	0.204	135.6	197.6	333.4	0.7417	1.6290
-49	92.4	92.4	1325.0	5.123	0.0008	0.195	136.8	197.2	334.0	0.7472	1.6270
-48	97.0	97.0	1322.0	5.363	0.0008	0.187	138.0	196.6	334.6	0.7526	1.6260
-47	101.8	101.8	1319.0	5.612	0.0008	0.178	139.2	196.0	335.2	0.7580	1.6250
-46	106.8	106.8	1315.0	5.870	0.0008	0.170	140.5	195.3	335.8	0.7634	1.6230
-45	112.0	112.0	1312.0	6.137	0.0008	0.163	141.7	194.7	336.4	0.7687	1.6220
-44	117.3	117.3	1309.0	6.413	0.0008	0.156	142.9	194.1	337.0	0.7741	1.6210
-43	122.9	122.9	1306.0	6.699	0.0008	0.149	144.1	193.5	337.6	0.7795	1.6200
-42	128.7	128.6	1303.0	6.995	0.0008	0.143	145.4	192.8	338.2	0.7848	1.6190
-41	134.6	134.6	1300.0	7.301	0.0008	0.137	146.6	192.2	338.8	0.7901	1.6180
-40	140.8	140.8	1297.0	7.618	0.0008	0.131	147.9	191.5	339.4	0.7954	1.6170
-39	147.2	147.2	1293.0	7.945	0.0008	0.126	149.1	190.9	340.0	0.8007	1.6160
-38	153.9	153.8	1290.0	8.283	0.0008	0.121	150.3	190.3	340.6	0.8060	1.6150
-37	160.7	160.7	1287.0	8.633	0.0008	0.116	151.6	189.6	341.2	0.8113	1.6140
-36	167.8	167.8	1284.0	8.994	0.0008	0.111	152.8	189.0	341.8	0.8166	1.6130
-5	536.1	535.7	1176.0	27.650	0.0009	0.036	193.2	165.8	359.0	0.9751	1.5930
-4	553.8	553.4	1173.0	28.580	0.0009	0.035	194.3	165.0	359.5	0.9801	1.5930
-3	572.0	571.6	1169.0	29.490	0.0009	0.034	195.5	164.1	360.0	0.9851	1.5930
-2	590.6	590.2	1165.0	30.480	0.0009	0.033	197.3	163.2	360.5	0.9900	1.5920
-1	609.7	609.2	1161.0	31.440	0.0009	0.032	198.6	162.4	361.0	0.9950	1.5920

Figura 73. Tabla de propiedades termodinámica de refrigerante R-22 y R-507a.

Si realizamos una pequeña comparación de estos valores para cada uno de los refrigerantes se puede observar que el R-507 contiene un valor de calor latente mayor a una temperatura de (-5°C) que el R-22.

7.4 Recopilación de datos. (nuevo)

Con el fin de visualizar en tiempo real las variables involucradas en el proceso, se toma una base de datos del comportamiento del cuarto día a día. Ver *Anexo D* – Lecturas de Monitoreo Cuarto de Almacenamiento.

7.4.1 Datos monitoreados antes de realizar las mejoras. Los valores son representados en la siguiente tabla:

10/10	3.9	9.4	4.8	2.3	6.114	4952.48	5.6102	887.52	7.4882	7779.91
/2017										
17:55										
10/10	3.9	9.4	4.8	2.3	6.114	4952.48	5.6102	887.52	7.4882	7779.91
/2017										
17:55										
MA	4.7	12.9	5.6	4.9						
XIM										
O										
MIN	-1.1	6.4	0.9	-1.5						
IMO										

Se puede observar que la temperatura máxima y mínima del cuarto están por fuera de lo deseado como se ve en la siguiente tabla para la aplicación requerida.

Tabla 27.

Aplicaciones de sistema refrigerados, temperaturas recomendadas

APLICACIÓN	TEMPERATURA DEL EVAPORADOR	TEMPERATURA DE EBULLICIÓN
Enfriado de bebidas	4 °C	-2 °C
Aire acondicionado	6 °C	0 °C
Gabinetes de helados	-20 °C	-26 °C
Refrigeradores domésticos	-15 °C	-20 °C
Exhibidores de lácteos	2 °C	-4 °C
Cámara de enfriamiento	-3 °C	-8 °C
Cámaras de congelación	-26 °C	-32 °C

FECHA	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	ENERG	ENERG	ENERG	ENERG	ENERG	ENERG
S	ENTRA	MUELL	ENTRA	EVAPOR	IA (Kw-	IA	IA (Kw-	IA	IA	IA
(HORA	DA	ES	DA	ADORES	h)	ACUM	h)	ACUM	(Kw-h)	ACUM
)	CTO		MUELL		MAQ1	ULADA	MAQ2	ULADA	MAQ4	ULADA
			ES			(Kw-h)		(kw-h)		(Kw-h)
						MAQ1		MAQ2		MAQ4
12/18/20	1.5	12.9	4.2	1.1	12086.61	0	7761.09	4.68	20625.12	0
17 16:00										
12/18/20	1.5	13.1	4.2	1	12086.61	0	7761.12	4.6808	20625.12	0
17 16:00										
12/18/20	1.4	13.3	4.4	1.2	12086.61	0	7761.15	4.6546	20625.12	0
17 16:01										
			MAXIM	3.2						
			O							
			MINIM	-3.3						
			O							

Se puede observar que las temperaturas que se visualizan están en los límites inferiores y superiores deseados en donde tendremos las siguientes ventajas:

- Menos merma en el producto.
- Menor consumo energético.
- Menor trabajo de los compresores.
- Mayor capacidad de enfriamiento en el cuarto.

8. Análisis costo beneficio del ahorro energético del cuarto de producto terminado de la planta de beneficio de Avidesa Mac Pollo S.A.

En esta etapa del proyecto se realizará el análisis de los datos recopilados a través de los medidores instalados en los tableros de control y potencia de los equipos de refrigeración que interactúan en el cuarto. Los datos a revisar están basados en el antes y el después del cuarto, teniendo en cuenta lo siguiente:

Antes: El cuarto se encontraba en las condiciones de diseño y construcción iniciales y con un problema de sobrecarga térmica producida por el almacenamiento excesivo de pollo y sin tener un orden establecido en la forma de estibar, además de no tener un buen manejo de puertas en muelles y acceso de personal.

Después: Debido a que no se estaba cumpliendo en los valores de temperatura para el almacenamiento y la entrega de temperatura exigida por calidad valores entre -3.3°C y -2.7°C y como presentación de este proyecto de monografía y bajo la aprobación de la dirección de mantenimiento y de Producción se deciden hacer las siguientes Modificaciones:

LOCATIVAS

- Crear una antecámara para aislar la zona de muelles, cargue y descargue de producto, la cual se encuentre en un valor de mayor temperatura.

- Instalar medidores de temperatura que permitan monitorear los valores en tiempo real de las zonas críticas del cuarto:

- Zona de evaporadores
- Entrada del Cuarto.
- Entrada de Muelles.
- Pared de antecámara dentro de cuarto.
- Punto medio del cuarto en la pared entre la puerta de acceso de personal y las puertas de antecámara a muelles.

REFRIGERACIÓN.

- Cambio de refrigerante de R-22 a R-507.
- Cambio de válvulas de expansión, lo cual se hace ya que las que tenían los sistemas con R-22, no son compatibles con las de R-507.
- Calculo de carga para conocer la carga máxima admitida por el sistema.

BUENAS PRÁCTICAS DE PROCESO.

- Reubicación del sistema de almacenamiento por baches de canastas con pasillos que permitan la recirculación del aire de los evaporadores y mejor temperatura homogénea del producto.
- Manejo adecuado de puertas.

Una vez realizadas las mediciones se obtienen los siguientes datos comparativos. Debido a que son planillas de Excel con más de 1000 datos solo se mostrarán los datos necesarios para el análisis de estos, las planillas estarán como anexos. Ver *Anexo D* – Lecturas de Monitoreo Cuarto e Almacenamiento.

Tabla 29.

Valores de condiciones térmicas y de potencia en cuarto antes de mejora.

Fecha	°C entrada cto	°C muelles	°C entrada muelles	°C evaporadores	Energía Kw-h maq1	energia kW-h maq2	energia kW- h maq4
10/10/2017 20:38	1,9	10,4	3,1	4,7	5,3348	5,762	0

Fecha	°C entrada cto	°C muelles	°C entrada muelles	°C evaporadores	Energia Kw-h maq1	energia kW-h maq2	energia kW- h maq4
10/10/2017	1,9	10,4	3,1	4,7	5,3348	5,762	0
20:39							
10/10/2017	2,2	10,8	3,1	4,5	5,3504	5,7628	0
20:39							
10/10/2017	2,2	10,8	3,1	4,5	5,3504	5,7628	0
20:39							
10/10/2017	2,2	10,8	3,1	4,5	5,3504	5,7628	0
20:39							
10/10/2017	2,2	11	3,1	4,6	5,3758	5,7478	0
20:39							
10/10/2017	2,2	11	3,1	4,6	5,3758	5,7478	0
20:39							
10/10/2017	2,2	11	3,1	4,6	5,3758	5,7478	0
20:39							
10/10/2017	2,2	11,1	3,1	4,8	5,3848	5,7962	0
20:39							
10/10/2017	2,2	11,1	3,1	4,8	5,3848	5,7962	0
20:39							
10/10/2017	2,2	11,1	3,1	4,8	5,3848	5,7962	0
20:39							
10/10/2017	2,2	11,3	3,1	4,9	5,3094	5,5774	9,817
20:39							
10/10/2017	2,2	11,3	3,1	4,9	5,3094	5,5774	9,817
20:40							
10/10/2017	2,2	11,3	3,1	4,9	5,3094	5,5774	9,817
20:40							
10/10/2017	2,2	11,5	3	4,6	5,2988	5,5308	9,7896
20:40							
10/10/2017	2,2	11,5	3	4,6	5,2988	5,5308	9,7896
20:40							

Fecha	°C entrada cto	°C muelles	°C entrada muelles	°C evaporadores	Energía Kw-h maq1	energía kW-h maq2	energía kW- h maq4
MAXIMO	4,7	12,9	5,6	4,9	6,4576	5,803	9,8306
MINIMO	-1,1	6,4	0,9	-1,5	0	0	0
PROMEDIO					5,43897	5,28296	8,34871

Tabla 30.

Valores de condiciones térmicas y de potencia en cuarto después de mejora.

Fecha	°C entrada cto	°C muelle s	°C entrada muelles	°C evaporador es	Energía Kw-h maq1	energía kW-h maq2	energía kW-h maq4
11/01/2017 18:28	0,6	16,2	1,5	0,6	5,2248	4,9848	7,44
11/01/2017 18:29	0,9	16,4	1,6	0,5	5,2052	4,9964	7,4404
11/01/2017 18:29	0,8	16,3	1,6	0,4	5,2062	4,9678	7,4476
11/01/2017 18:29	0,7	16,2	1,5	0,6	3,9828	4,9408	7,4486
11/01/2017 18:30	0,9	16,3	1,7	0,4	2,7914	5,0034	7,4754
11/01/2017 18:30	0,8	16,1	1,6	0,4	6,3218	5,0136	7,4662
11/01/2017 18:30	0,8	16,2	1,6	0,5	6,2566	5,0224	7,4466
11/01/2017 18:31	1,1	16,3	1,8	0,7	6,3146	5,0522	7,4886

11/01/2017	1	16,3	1,8	0,6	6,3048	5,0558	7,4898
18:31							
11/01/2017	1	16,3	1,8	0,7	6,2362	5,0562	7,4734
18:31							
11/01/2017	0,8	16	1,7	0,7	6,2678	5,0532	7,493
18:32							
11/01/2017	0,9	16,2	1,8	0,9	6,2434	5,069	7,5058
18:32							
11/01/2017	0,8	16	1,6	0,9	6,208	5,065	7,4888
18:32							
11/01/2017	0,8	16	1,8	1,1	6,211	5,0714	7,4822
18:33							
11/01/2017	0,8	16	1,7	1,1	6,2086	5,0814	7,5006
18:33							
11/01/2017	0,8	16	1,6	1,1	6,1946	5,083	7,4976
18:33							
11/01/2017	0,8	15,9	1,6	1,2	6,1884	5,0888	7,488
18:34							
MAXIMO	3,3	17,3	4,1	4	6,9436	5,9056	10,2714
MINIMO	-2,4	5	-1,4	-3,8	0	0	0
PROMEDIO					5,3627331	4,4791677	7,9577664

VALORES A ANALIZAR.

Las planillas y los valores analizados en estas son tomados bajo el parámetro de kilos almacenados en el cuarto de 90.000 Kg o 90 Ton de producto de pollo. Con una temperatura externa promedio similar de 22°C.

Antes:

Tabla 31.

Valores a analizar antes.

Fecha	°C	°C	°C	°C	Energia Kw-h	energia kW-h	energia kW-h
	entrada	muell	entrada	evaporad	maq1	maq2	maq4
	cto	es	muelles	ores			
MAXIM	4,7	12,9	5,6	4,9	6,4576	5,803	9,8306
O							
MINIMO	-1,1	6,4	0,9	-2,5	0	0	0
PROME					5,43897	5,28296	8,34871
DIO							

Resultados después:

Tabla 32.

Resultados después.

Fecha	°C	°C	°C	°C	Energia Kw-h	energia kW-h	energia kW-h
	entrada	muell	entrada	evaporad	maq1	maq2	maq4
	cto	es	muelles	ores			
MAXIM	3,3	17,3	4,1	4	6,9436	5,9056	10,2714
O							
MINIMO	-2,4	5	-1,4	-3,8	0	0	0
PROME					5,36273	4,47916	7,95776
DIO							

8.1 Análisis del efecto de las modificaciones realizadas

Temperatura de Entrada del Cuarto

Por donde se realiza la entrada del personal.

Se pasa de -1.1°C a -2.4°C ganando -1.3°C

Durante los ciclos de descongelación y goteo de los evaporadores también se obtiene una ganancia de 1.4°C .

Temperatura de Muelles de carga

Puertas que dan al exterior del recinto.

Como se puede notar antes se mantenía una temperatura de 12.9°C ya que no había división de antecámara, lo que producía que los difusores mantuvieran más fría esa zona, pero el producto almacenado no llegará a la temperatura deseada.

Al instalar la pared divisoria, la zona entre la pared y las puertas de los muelles de carga, llega hasta 17.3°C cuando las puertas están abiertas y se están acomodando los camiones.

Con las puertas cerradas y sin realizar cargue en muelles las temperaturas son así:

Antes: 6.4°C

Después: 5°C

Lo que nos da una ganancia de 1.4°C . Y una mayor eficiencia en la evacuación de calor reflejada en la temperatura de la siguiente manera:

Antes se pasaba de 12.9°C a 6.4°C , es decir se disminuía 6.5°C en un ciclo de refrigeración de 120 minutos.

Ahora se pasa de 17.3°C a 5°C , es decir se disminuye 12.3°C en un ciclo de refrigeración de 120 minutos.

Temperaturas de Entrada Muelles: Puertas de la pared divisoria hacia adentro del cuarto de almacenamiento.

Estas temperaturas varían de acuerdo a la transición de producto entre la antecámara y el cuarto como tal, aunque se presenta una ganancia de temperatura, el valor revisado en otras planillas de datos siempre es muy variable ya que las puertas abren y cierran y no es un valor de rango fijo.

Temperaturas de Evaporadores: Es como tal la temperatura del cuarto para la adecuación del producto.

Antes: solo se llegaba a una temperatura de -2.5°C .

Ahora: se llega a una temperatura de -3.8°C

Lo que nos da una ganancia en temperatura de -1.3°C cumpliendo con la normativa de calidad, y alcanzando el objetivo de temperatura del cuarto.

8.2 Análisis de consumo energético

El cuarto está compuesto como se explica en el libro por 3 sistemas de refrigeración independientes nombrados como Máquina 1, Máquina 2 y Máquina 4, para las cuales se tiene lo siguiente:

Tabla 33.

Análisis costo beneficio.

Sistema del cuarto	Parametros							
	Energía		% de Ahorro	Valor Kw-h	Tiempo de Trabajo por Día	Tiempo de Trabajo por Año	Total Costo Anual	Total Ahorro Máquina
	Antes	Después						
Máquina 1	5,4389	5,3627	9,92	350	24	360	\$16.447.233,60	\$ 1.631.565,57
Máquina 2	5,2829	4,4791	15,21				\$15.975.489,60	\$ 2.429.871,97
Máquina 3	8,3487	7,9577	4,6800				\$25.246.468,80	\$ 1.181.534,74
Ahorro Total del Cuarto			9,94					\$ 5.242.972,28

Nota: Todos los valores de la tabla anterior se obtienen como se explica en el siguiente ejemplo:

Máquina 1:

Energía

Antes: 5.4389 Kw-h

Después: 5.3627 Kw-h

$$\frac{5.4389 - 5.3627}{5.4389} \times 100\% = 9.92\%$$

Con un valor de demanda por carga de 350 pesos por Kw-h, y teniendo en cuenta que el cuarto trabaja 360 días del año durante las 24 horas tenemos un gasto de: 5.4389 Kw-h * 24 h/1día * 350 pesos el Kw * 360 días = \$ 16'447.233.6

Con un ahorro del 9.92% de Kw-h aproximado tenemos un ahorro en pesos de **\$ 1'631.565,573.**

9. Identificación de los recursos necesarios.

Los recursos para el desarrollo de este proyecto de grado son los siguientes:

- Equipos de la cámara de producto terminado.
- Equipos de medición y análisis de datos marca lovato (Transformadores de corriente, analizadores de energía, pantallas de datos y software de la marca.
- Computadores portátiles, impresora y cámara fotográfica.
- Papelería (Cd's, USB's, Fotocopias y Cuadernillos).

9.1 Presupuesto

El presupuesto invertido en el desarrollo del proyecto esta descrito en la siguiente tabla:

Tabla 34.

Presupuesto.






IMAGEN	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	Termocupla Industrial tipo pesado PT-100 (-100°C a 200°C)	5	\$140.000	\$700.000
	Transformador de Corriente, Marca Lovato Ref 54190 de núcleo cerrado de 5 A a 100 A.	9	\$72.000	\$648.000

IMAGEN	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	Multímetro Digital DMG-610, marca Lovato, Ref RS485 con rangos de 110-600 V / AC 110- 250 V / DC	3	\$670.000	\$2'010.000
	Convertidor de Salidas y Entradas Digitales.	1	\$120.000	\$120.000
	Pantalla Digital de 7" Para Interacción y manejo de datos. HMI- Táctil- Marca Delta	1	\$2'323.200	\$2'323.200
	Servicio de montaje de tubería y cableado de puntos de medida a los tableros de control de los equipos.	1	\$1'250.000	\$1'250.000
			Valor Total	\$7'051.200
			I.V.A.	\$1'339.728
			Valor Final	\$8'390.928

10. Conclusiones

- Se selecciona el cuarto de almacenamiento de producto terminado teniendo en cuenta la mayor capacidad de consumo energético de sus equipos, el tiempo de trabajo durante el año y la prioridad en la calidad del producto para disposición final.

- Con la instalación del sistema de monitoreo para variables (T° y Kw-h) instalado se consigue ver en tiempo real el estado actual del cuarto de almacenamiento y a su vez continuar monitoreando después de las mejoras realizadas.

- Los datos de consumo de energía y temperatura ahora se obtienen en tiempo real cargados a una base de Excel visible en un equipo de la empresa, lo que a su vez refuerza los planes de control ante las entidades de verificación y auditoria como el INVIMA para las certificaciones de la empresa. El siguiente paso es crear la interfaz con el modulo PM de Mantenimiento en SAP para que los usuarios interesados puedan monitorear también.

- Al implementar las estrategias de ahorro energético se obtiene una disminución entre un 4.68% y el 15% de energía en los sistemas refrigerados, lo cual es un ahorro anual considerable que se puede escalar a los demás equipos que tenemos en plantas.

- Al disminuir la carga térmica con la división de la antecámara y redistribuir el producto dejando pasillos entre las estibadas de canastas se permite una mejor recirculación del aire lo que ayuda a homogenizar la temperatura del producto.

- La instalación de las cortinas de aire disminuyen el valor de carga térmica hasta en un 65% en el área de muelles de cargue.

- Al ser menor la temperatura de condensación del R-507 que la del R-22, obtenemos una parte de la ganancia energética del cuarto ya que el compresor realiza menos trabajo de compresión.

Al realizar el análisis costo benéfico se encuentra lo siguiente:

- Con la modificaciones realizadas a nivel locativo, el manejo logístico del producto dentro del cuarto y los cambios en el sistema de refrigeración se obtiene la temperatura deseada en el mismo (un valor que esta entre -3°C y -2.7°C) y una disminución en el consumo de energía del 4,68% y el 15% según el equipo, el cual se evidencia a través del sistema de monitoreo y que oscila en un valor monetario de \$5'242.972,28 por año.

Referencias Bibliográficas

emersonclimate. (2019). *emersonclimate*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2019, de <http://www.emersonclimate.com/en-us/brands/Pages/copeland.aspx>

Lovato Electric . (2019). *Lovato Electric S.p.A* . Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de <http://www.lovatoelectric.com/?lovatoglobal=1>

Mac Pollo. (2019). *Mac Pollo*. Recuperado el 1 de Agosto de 2019, de <https://www.macpollo.com>

UPME 25. (2017). *UPME 25*. Recuperado el 1 de Agosto de 2019, de <http://www1.upme.gov.co/Paginas/default.aspx>