



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Propuesta de Diseño de una Cámara Frigorífica para
Mejorar la Conservación de Productos Perecederos en el
Mercado de Abastos de la Provincia de Santa Cruz,
Departamento de Cajamarca”**

Presentado Por:

Bach. Jiménez Díaz, Cesar Willy

Asesorado Por:

Msc. Ing. Niño Vásquez, Percy Edwar

Lambayeque – Perú

Julio - 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

**Tesis Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Propuesta de Diseño de una Cámara Frigorífica para
Mejorar la Conservación de Productos Perecederos en
el Mercado de Abastos de la Provincia de Santa Cruz,
Departamento de Cajamarca”**

Presentado Por:

Bach. Cesar Willy Jiménez Díaz

Jurado Examinador:

Presidente: Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

Secretario: Dr. James Skinner Celada Padilla

Vocal: Msc. Ing. Teobaldo Julca Orozco

Asesor: Msc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez

Lambayeque – Perú

Julio – 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS DE INGENIERIA TITULO

**“Propuesta de Diseño de una Cámara Frigorífica para Mejorar la
Conservación de Productos Perecederos en el Mercado de Abastos de la
Provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca”**

CONTENIDO

Capítulo I: Problema de la investigación

Capítulo II: Marco teórico

Capítulo III: Marco Metodológico

Capítulo IV: Propuesta de Investigación

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones

Autor: Bach. Cesar Willy Jiménez Diaz

Presidente

Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

secretario

Dr. James Skinner Celada Padilla

Miembro

Msc. Ing. Teobaldo Julca Orozco

Asesor

Msc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez

Lambayeque - Perú
Julio - 2026



ACTA DE SUSTENTACION N°0173-2026-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 09:00 a.m. del día Miércoles 22 de julio 2026. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°132-2026-D-FIME-UNPRG, de fecha 17 de julio 2026, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

- | | |
|--|-------------------|
| ▪ M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA | PRESIDENTE |
| ▪ Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA | SECRETARIO |
| ▪ M.Sc. Ing. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO | MIEMBRO |
| ▪ M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ | ASESOR |

Se recibió la Tesis titulada:

"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA CAMARA FRIGORIFICA PARA MEJORAR LA CONSERVACION DE PRODUCTOS PERECEDEROS EN EL MERCADO DE ABASTOS DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA",

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **JIMENEZ DIAZ CESAR WILLY.**

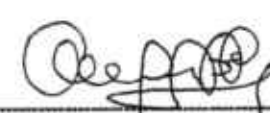
Finalizada la sustentación de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención Buena. Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 9:45. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando presente acta el jurado respectivo:


M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA
PRESIDENTE


Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA
SECRETARIO


M.Sc. Ing. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO
MIEMBRO


M.Sc. Ing. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ
ASESOR

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Percy Edwar Niño Vásquez**, usuario revisor del documento titulado: “.

"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS EN EL MERCADO DE ABASTOS DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

Cuyo autor es, **Jimenez Diaz Cesar Willy**, identificado con documento de identidad **N° 47839081** declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **12%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 27 de julio del 2026



.....
M.SC. ING. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ

DNI: 16796041

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe	Fuente de Internet	2%
2	www.diaconiaperu.org	Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net	Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uss.edu.pe	Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Trabajo del estudiante	1%
6	alicia.concytec.gob.pe	Fuente de Internet	<1%
7	1library.co	Fuente de Internet	<1%
8	archive.org	Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca	Trabajo del estudiante	<1%
10	dgsa.uaeh.edu.mx:8080	Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.unprg.edu.pe:8080	Fuente de Internet	<1%
12	idoc.tips	Fuente de Internet	<1%
13	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC	Trabajo del estudiante	<1%
14	repositorio.continental.edu.pe	Fuente de Internet	<1%
15	spotidoc.com	Fuente de Internet	<1%



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: César Willy Jimenez Díaz
Título del ejercicio: TESIS 2025
Título de la entrega: Informe de Tesis Fime - 2026.pdf
Nombre del archivo: Informe_de_Tesis_Fime_-_2026.pdf
Tamaño del archivo: 4.39M
Total páginas: 135
Total de palabras: 19,432
Total de caracteres: 113,094
Fecha de entrega: 22-mar-2026 03:41p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2909729174

M.sc. Ing. Percy Edwar Niffo Vasquez
ASESOR

DNI : 16796041



UNIVERSIDAD NACIONAL



“PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“Propuesta de Diseño de una Cámara Frigorífica para
Mejorar la Conservación de Productos Perecederos en el
Mercado de Abastos de la Provincia de Santa Cruz,
Departamento de Cajamarca”

Presentado Por:

Bach. Jiménez Díaz, Cesar Willy

Asesorado Por:

Msc. Ing. Niño Vásquez, Percy Edwar

Lambayeque – Perú

Marzo - 2026

DEDICATORIA

A dios, primeramente, por guiar e iluminar mi camino para logras mis metas tan anheladas.

A mi madre, Bercelia Díaz Terrones por apoyarme tanto moral como económico, sobre todo por sus valores y enseñanza que me inculco desde que era niño.

A mis hermanos, Ronal, Flover, Lira, Víctor, Osmar y Jeiner por apoyarme moral y económicamente para así cumplir con mis metas trazadas.

A mi abuela, María Samuel quien desde el cielo a velado por mi hasta culminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por protegerme durante toda mi carrera y darme fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

A mi madre, quien con su apoyo y consejos me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada.

A mis hermanos, por su apoyo el cual sin ello no hubiese podido lograr mis metas.

A mi asesor, Ing. Niño Vásquez Percy por su tiempo y consejos que me fueron de mucha ayuda para el desarrollo de mi tesis.

Agradezco a dios por protegerme durante toda mi carrera y darme fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

A mi madre, quien con su apoyo y consejos me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada.

A mis hermanos, por su apoyo el cual sin ello no hubiese podido lograr mis metas.

A mi asesor, Ing. Niño Vásquez Percy por su tiempo y consejos que me fueron de mucha ayuda para el desarrollo de mi tesis.

RESUMEN

El presente estudio plantea el diseño de una cámara frigorífica destinada a mejorar la conservación de productos perecederos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. Actualmente, la falta de construcciones de almacenes refrigerados genera pérdidas económicas significativas, deterioro de alimentos y riesgos sanitarios. A partir de un diagnóstico técnico y climático de la zona, se dimensiona un recinto frigorífico con una capacidad de almacenamiento de 1500 kg/día, temperatura de almacenamiento de 4°C, empleando materiales aislantes eficientes y equipos de refrigeración adecuados. En dicho diseño se efectuó un estudio detallado de las cargas térmicas y a partir de estas se seleccionó los equipos de refrigeración, un presupuesto bien especificado y una evaluación económica que indique la viabilidad del proyecto para un horizonte de veinte años. Esta propuesta representa una solución moderada que busca fortalecer la cadena de frío y mejorar las condiciones de vida de los vendedores y consumidores.

Palabras clave: Cámara frigorífica, conservación de alimentos, carga térmica, refrigeración, eficiencia energética, mercado de abastos.

ABSTRACT

This study proposes the design of a cold storage facility to improve the preservation of perishable products in the supply market of the province of Santa Cruz, department of Cajamarca. Currently, the lack of cold storage buildings generates significant economic losses, food spoilage and sanitary risks. Based on a technical and climatic diagnosis of the area, a cold storage facility was designed with a storage capacity of 1500 kg/day and a storage temperature of 4°C, using efficient insulating materials and adequate refrigeration equipment. The design included a detailed analysis of thermal loads and the selection of refrigeration equipment, a well-specified budget and an economic evaluation to indicate the feasibility of the project over a twenty-year horizon. This proposal represents a moderate solution that seeks to strengthen the cold chain and improve the quality of life of retailers and consumers.

Keywords: Cold storage, food preservation, thermal load, refrigeration, energy efficiency, food market.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION	17
1.1. Realidad Problemática	17
1.1.1. A Nivel Internacional	17
1.1.2. A Nivel Nacional.....	17
1.1.3. A Nivel Local	18
1.2. Formulación del Problema Científico.....	18
1.3. Delimitaciones de la Investigación	18
1.3.1. Delimitación Temporal	18

1.3.2. Delimitación Temática	18
1.3.3. Delimitación Metodológica	19
1.3.4. Ubicación Política.....	19
1.4. Justificación e Importancia del Estudio	21
1.4.1. Justificación Ambiental.....	21
1.4.2. Justificación Social	21
1.4.3. Justificación Científica.....	21
1.4.4. Justificación Económica	22
1.5. Limitaciones de la Investigación	22
1.5.1. Implementación Física del Diseño.....	22
1.5.2. Restricciones Presupuestales	22
1.5.3. Condiciones Climáticas	22
1.6. Objetivos	23
1.6.1. Objetivo General.....	23
1.6.2. Objetivos específicos	23
CAPITULO II: MARCO TEORICO	24
2.1. Antecedentes de la Investigación	24
2.1.1. Contexto Internacional.....	24
2.1.2. Contexto Nacional	24
2.1.3. Contexto Local.....	25
2.2. Bases Teóricas.....	25
2.2.1. Transferencias de Calor.....	25

2.2.2. Refrigeración.....	28
2.2.3. Principales Equipos de Refrigeración	31
2.2.4. Conservación de Productos Perecederos	34
2.2.5. Métodos de Conservación.....	34
2.2.6. Cadena de Frio	35
2.2.7. Tipos de Cámaras Frigoríficas y sus Aplicaciones	35
2.2.8. Normas Técnicas Naciones e Internacionales.....	37
2.2.9. Análisis de Cargas Térmicas	40
2.2.10. Viabilidad Económica del Proyecto	44
2.2.11. Marco Conceptual	47
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	51
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	51
3.2. Población y muestra.....	51
3.3. Técnica de Muestreo	52
3.4. Hipótesis	52
3.5. Operacionalización de Variables.....	52
3.6. Métodos y Técnicas de Medición	53
3.6.1. La Encuesta.....	53
3.6.2. Observación Directa.....	53
3.6.3. Análisis Documental	53
3.7. Descripción de los instrumentos utilizados.....	54
3.7.1. Para la Encuesta	54

3.7.2. Para el Análisis Documental	54
3.7.3. Para la Observación	54
3.8. Análisis estadístico e interpretación de datos.....	54
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	55
4.1. Descripción de la Instalación Propuesta	55
4.2. Evaluación del Clima de la Provincia de Santa Cruz	56
4.3. Cálculo de las Cargas Térmicas	56
4.4. Selección de Equipos y Componentes de la Cámara Frigorífica.....	56
4.5. Evaluación Económica de la Instalación Propuesta.....	56
CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	57
5.1. Dimensionamiento de la Cámara Frigorífica.....	57
5.1.1. Tipos y Cantidades de Productos a Conservar.....	58
5.1.2. Dimensiones de la cámara frigorífica	62
5.1.3. Condiciones Ambientales.....	63
5.1.4. Aislamiento Térmico.....	67
5.1.5. Cálculo de las cargas Térmicas de la Cámara.....	69
5.1.6. Cálculo de los Sistemas de Refrigeración.....	79
5.2. Selección de los Equipos Frigoríficos.....	90
5.2.1. Selección de la Unidad Evaporadora	90
5.2.2. Selección de la Unidad Condensadora.....	91
5.2.3. Selección de la Válvula de Expansión	91

5.2.4. Selección de Tuberías y Accesorios	92
5.3. Proyección de Mejora en la Conservación.....	93
5.3.1. Disminución de Pérdidas de Productos.....	93
5.3.2. Mejora en la Calidad del Producto.....	94
5.3.3. Valor Agregado y Confianza al Consumidor	94
5.4. Análisis de Viabilidad Económica	95
5.4.1. Presupuesto para la Propuesta de la Cámara Frigorífica	95
5.4.2. Evaluación Económica.....	96
5.5. Discusión de la Propuesta	98
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
6.1. Conclusiones	100
6.2. Recomendaciones	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones de la Cámara.....	62
Tabla 2 Datos Meteorológicos de la Provincia de Santa Cruz.....	63
Tabla 3 Condiciones Interiores de la Cámara	65
Tabla 4 Espesores Utilizados en Cámaras Frigoríficas.....	68
Tabla 5 Equivalentes de Calor por Personas Dentro del Espacio Refrigerado	75
Tabla 6 Diseño del Evaporador con una Diferencia de Temperatura DT	82
Tabla 7 Resumen de los Resultados Obtenidos	89
Tabla 8 Vida Útil de los Productos Perecederos	94
Tabla 9 Resumen General del Presupuesto de la Cámara Frigorífica.....	95
Tabla 10 Cálculo del VAN y TIR.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Mercado en la Provincia de Santa Cruz	20
Figura 2 Diseño de un Refrigerador de Carnot y Diagrama T-s del Ciclo Invertido de Carnot ...	29
Figura 3 Esquema y Diagrama T-s para el Ciclo Ideal de Refrigeración.....	30
Figura 4 Esquema y Diagrama T-s para el Ciclo Real de Refrigeración	31
Figura 5 Esquema con los Principales Equipos de Refrigeración	31
Figura 6 Nuevos Refrigerantes para Refrigeración	33
Figura 7 Cámara Frigorífica y sus Principales Componentes.....	36
Figura 8 Numero de Comerciantes por Producto Vendido	58
Figura 9 Porcentaje de Perdida del Producto por Descomposición.....	59
Figura 10 Cantidad de Producto Vendido Diariamente	59
Figura 11 Frecuencia de Perdidas por Descomposición	60
Figura 12 Método Utilizado Actualmente para Conservar sus Productos	60
Figura 13 Puerta de la Cámara Frigorífica.....	68
Figura 14 Estructura de las Cargas Térmicas.....	79
Figura 15 Esquema del Ciclo Frigorífico.....	81
Figura 16 Análisis Computacional de la Cámara Frigorífica.....	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cuestionario de Recolección de Información.	16
Anexo 2 Resultados de la Encuesta.	111
Anexo 3 Conductividad Térmica de Materiales Usados en Paredes de Almacenes Fríos.	112
Anexo 4 Requerimientos y Propiedades de Almacenamiento para Productos Perecederos.	113
Anexo 5 Propiedades Termodinámicas del Refrigerante R134a.	114
Anexo 6 Ciclo de Análisis Simple Mediante el Programa CoolPack.	115
Anexo 7 Puntos de Estado del Ciclo Frigorífico Obtenidos del Programa CoolPack.	116
Anexo 8 Ficha Técnica del Evaporador de Expansión Directa Cortesía de Frimetel.	117
Anexo 9 Ficha Técnica de la Unidad Condensadora Cortesía de Coolselector2 de Danfoss.	119
Anexo 10 Ficha Técnica de la Válvula Solenoide Cortesía de Coolselector2 de Danfoss.	120
Anexo 11 Ficha Técnica de las Tuberías línea de Líquido Cortesía de Danfoss.	121
Anexo 12 Ficha Técnica de las Tuberías línea de Aspiración Cortesía de Danfoss.	123
Anexo 13 Ficha Técnica del Codo Tuberías línea de Líquido Cortesía de Danfoss.	125
Anexo 14 Ficha Técnica del Codo Tuberías línea de Aspiración Cortesía de Danfoss.	126
Anexo 15 Ficha Técnica Visor de línea de Líquido Cortesía de Danfoss.	127
Anexo 16 Ficha Técnica Filtro Deshidratador de Líquido Cortesía de Danfoss.	128
Anexo 17 Cotización Cortesía de Cenfrico.	129
Anexo 18 Puntos de Análisis Frigorífico Mediante el Programa CoolPack.	130
Anexo 19 Estado Actual de Almacenamiento de Productos Perecederos.	131
Anexo 20 Operacionalización de Variables.	132
Anexo 21 Presupuesto General.	133
Anexo 22 Planos de la Cámara Frigorífica.	134

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento poblacional ha incrementado significativamente la demanda de alimentos, lo que hace indispensable contar con sistemas adecuados de conservación. En muchas zonas rurales del Perú, la ausencia de infraestructura frigorífica representa un problema recurrente, generando pérdidas económicas, deterioro de alimentos y riesgo para la salud pública. Esta problemática se evidencia en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, donde los productos perecederos se comercializan sin condiciones adecuadas de refrigeración, ocasionando una rápida descomposición y disminuyendo su valor comercial. Esta situación afecta directamente a los comerciantes, al reducir sus ingresos, y a los consumidores, al recibir productos de menor calidad.

Frente a esta realidad, el presente estudio propone el diseño técnico de una cámara frigorífica destinada a mejorar la conservación de productos perecederos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz. El desarrollo del proyecto se basa en los principios de ingeniería mecánica y eléctrica, considerando el análisis de transferencia de calor, ciclos de refrigeración, cálculo de cargas térmicas y criterios de eficiencia energética.

El estudio se ha estructurado en seis capítulos. El primero aborda la problemática y los objetivos del estudio; el segundo desarrolla el marco teórico; el tercero describe la metodología empleada; el cuarto presenta la propuesta de diseño; el quinto analiza e interpreta los resultados obtenidos; y el sexto expone las conclusiones y recomendaciones finales.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. A Nivel Internacional

Según la FAO (2022), el almacenamiento inadecuado de productos perecederos constituye un problema de alcance mundial, afectando la seguridad alimentaria y las economías locales. Esta organización estima que a aproximadamente el 14 % de los alimentos producidos a nivel global se pierde entre la cosecha y la venta en los mercados, principalmente debido a la falta de infraestructura de refrigeración.

Asimismo, la FAO (2022) señala que la pérdida y el desperdicio de alimentos generan entre el 8 % y el 10 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático y a la ocurrencia de eventos climáticos extremos.

1.1.2. A Nivel Nacional

Según MINAGRI (2022) en nuestro país la preservación de los productos perecederos presenta un gran desafío técnico, financiero y organizacional, de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Riego, las pérdidas después de las cosechas en productos como vegetales y frutas podrían llegar hasta un 35% principalmente debido a la ausencia de instalaciones de refrigeración, transporte ineficiente y condiciones insalubres en los mercados.

Según INEI (2016) “en nuestro país el 4,1% (106) de los mercados cuentan con cámaras frigoríficas y el 95,1% (2506) no cuentan con dichas instalaciones”. Se afirma según datos establecidos por INEI (2016) que en los mercados las cámaras frigoríficas en su mayoría llegan a ser utilizadas para el almacenaje de productos alimenticios, esto es alrededor del 75,5% mientras que el porcentaje restante se está utilizando para otros fines.

1.1.3. A Nivel Local

En el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca la realidad es impresionante, las instalaciones son básicas y carecen de buen equipamiento para refrigerar los alimentos, lo que conlleva a los comerciantes a vender sus productos el mismo día o enfrentar pérdidas por descomposición.

Los comerciantes del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca tienen la iniciativa de implementar un ambiente refrigerado para almacenar sus productos, con el objetivo de evitar pérdidas económicas debido al deterioro y disminución de la calidad del producto.

1.2. Formulación del Problema Científico

¿De qué manera el diseño de una cámara frigorífica influye en la mejora del almacenamiento y conservación de productos perecederos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca?

1.3. Delimitaciones de la Investigación

1.3.1. Delimitación Temporal

El siguiente estudio tendrá un tiempo de duración de 6 meses, dentro del cual se realizará el diagnóstico, el diseño técnico y la respectiva evaluación de la propuesta.

1.3.2. Delimitación Temática

El siguiente estudio se centra en el diseño técnico de la cámara de enfriamiento, en donde se considerará aspectos como la elección del sistema de enfriamiento, los materiales de aislamiento, el dimensionamiento térmico, la eficiencia energética y la sostenibilidad. La

implementación física del sistema no está incluida, más bien una propuesta detallada con bases técnicas y un análisis de viabilidad.

1.3.3. Delimitación Metodológica

En la siguiente propuesta se utilizará una metodología de tipo descriptiva y de diseño, se emplearán herramientas de análisis térmico, cálculo de cargas del sistema, selección de componentes y modelo conceptual del sistema.

1.3.4. Ubicación Política

El siguiente proyecto será sugerido en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, ubicado en el departamento de Cajamarca, Perú.

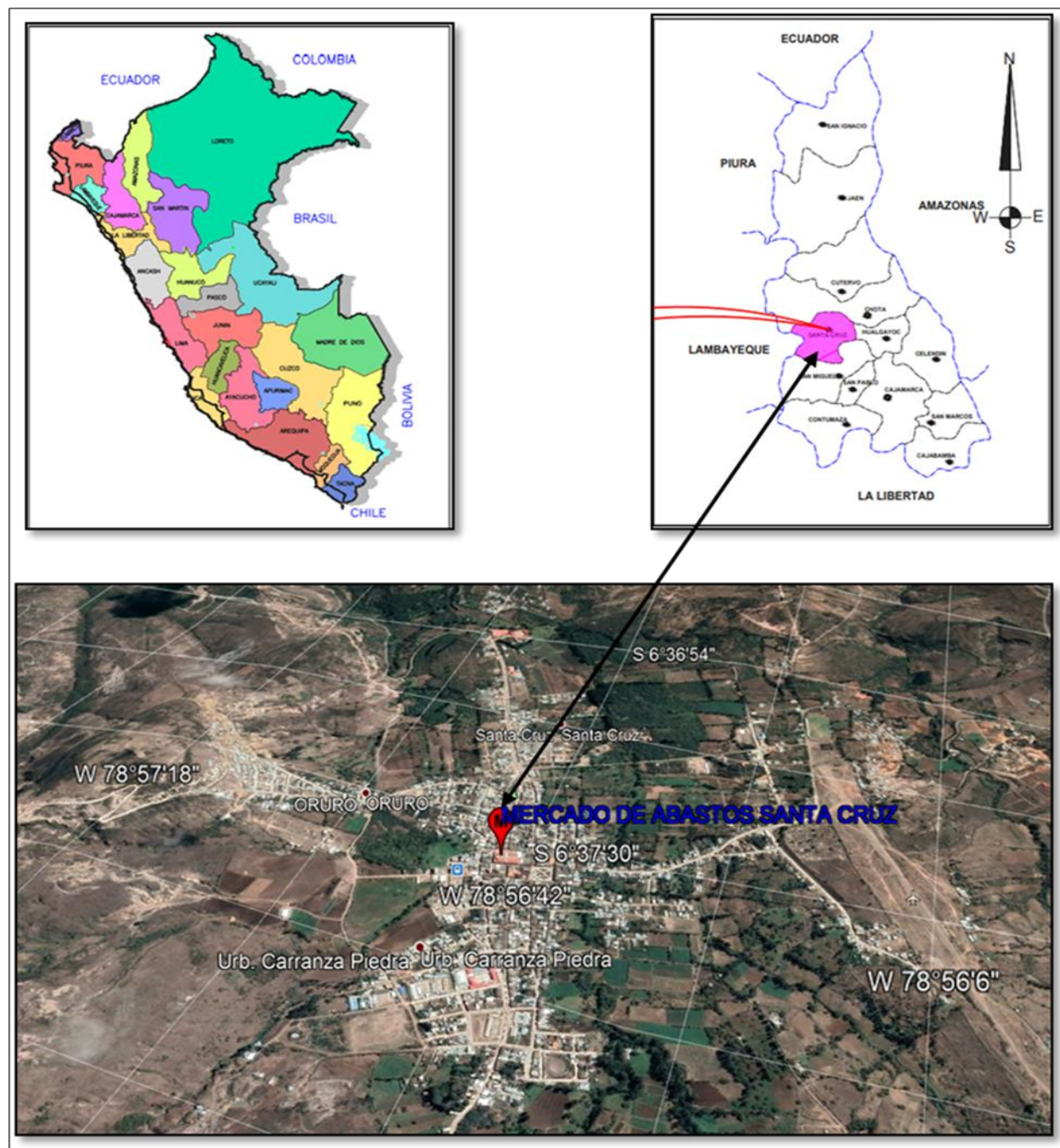
Coordenadas:

6°35'40.14" S, 78°50'45.84" W, 2028 m.s.n.m.

Latitud: -6.594483°, Longitud: -78.846067°

Figura 1

Ubicación del Mercado en la Provincia de Santa Cruz



Nota. En la figura se puede observar la ubicación específica en donde se propone implementar la cámara frigorífica, tanto local, regional como nacional: Adaptado de Google Earth Pro, (2023).

1.4. Justificación e Importancia del Estudio

1.4.1. Justificación Ambiental

Con la implementación de una cámara frigorífica en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, se estaría logrando disminuir significativamente la descomposición de productos perecederos. Esto tiene un efecto positivo para el medio ambiente, reduciendo significativamente la producción de residuos orgánicos. Asimismo, el diseño está acorde con los principios de eficiencia energética y aprovechamiento eficaz de recursos, incentivando prácticas sostenibles en concordancia con los objetivos ambientales actuales y contribuyendo a disminuir el cambio climático.

1.4.2. Justificación Social

El almacenamiento inadecuado de los productos perecederos representa un alto riesgo para la salud pública, puesto que la putrefacción de estos productos puede desencadenar enfermedades relacionadas con la alimentación, al optimizar las condiciones de almacenamiento dentro del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, se asegura que los ciudadanos puedan acceder a alimentos en óptimas condiciones de higiene. De igual manera, esta iniciativa busca elevar la calidad de vida de los vendedores y compradores, promoviendo una conciencia sobre la seguridad alimentaria y aliviando la tensión social vinculada a la pérdida de productos y el impacto negativo en la economía social.

1.4.3. Justificación Científica

Desde una perspectiva académica y técnica, este análisis se respalda por su contribución al avance de soluciones prácticas en el ámbito del diseño térmico y la preservación de alimentos en áreas rurales, se utilizan fundamentos de ingeniería mecánica, transferencias de calor, elección de materiales aislantes, eficiencia energética y cálculos de cargas térmicas, lo que facilita la creación

de un modelo de cámara frigorífica que sea tanto replicable como comprobado por criterios científicos.

1.4.4. Justificación Económica

La ausencia de un sistema de refrigeración efectivo causa significativas pérdidas financieras a los vendedores y productores de la zona, ya que no logran conservar la calidad de sus mercancías hasta que llegue al cliente, al elaborar una propuesta de desarrollo de un recinto frigorífico adecuado, se pretende extender la durabilidad de los alimentos, disminuir la cantidad de desperdicios tras la cosecha y aumentar las ganancias los comerciantes.

1.5. Limitaciones de la Investigación

1.5.1. Implementación Física del Diseño

La investigación se enfoca únicamente en la concepción técnica de una cámara de refrigeración, sin abordar su edificación ni su funcionamiento práctico debido a las limitaciones de tiempo y fondos, así, no se presenta una verificación experimental ni un análisis empírico del desempeño del sistema sugerido.

1.5.2. Restricciones Presupuestales

El plan de diseño tomará en cuenta una situación económica realista, aunque no se podrá asegurar que las entidades locales financien o implementen el proyecto, esto significa que ciertas elecciones de diseño dependen más de principios teóricos de viabilidad que de un presupuesto existente.

1.5.3. Condiciones Climáticas

La creación del sistema de control de temperatura se llevará a cabo utilizando promedios climáticos de la región, no obstante, cambios estacionales más severos podrían influir en la eficacia

real del sistema si no se analizan con el detalle necesario. Este trabajo de investigación se limita a la base de datos meteorológicos del SENAMHI, siendo esta una fuente más próxima en la recolección de datos del clima en la provincia de Santa Cruz, ubicada en el departamento de Cajamarca, Perú.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Proponer el diseño de una cámara frigorífica que permita almacenar y conservar adecuadamente productos perecederos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Diagnosticar el actual estado de conservación y venta de los productos perecederos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.
- b) Determinar la potencia necesaria de los equipos de refrigeración como son condensador, evaporador y compresor.
- c) Seleccionar los materiales y equipos necesarios de acuerdo a las cargas térmica obtenidas para diseñar la cámara frigorífica, considerando criterios de eficiencia energética, sostenibilidad y viabilidad económica.
- d) Evaluar cómo el diseño sugerido podría influir en la disminución de la descomposición, el aumento de la calidad de los productos y los beneficios para los comerciantes y consumidores del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Contexto Internacional.

México

De acuerdo a Herrera (2024) en su tesis titulada “Diseño y Evaluación Energética De Cámaras Frigoríficas Para La Conservación De Carne Avícola Mediante Simulación”, indica que es crucial contar con una cámara frigorífica para alcanzar el objetivo de mantener una humedad relativa que varía entre el 85% y 90%, una temperatura de refrigeración que se sitúe entre 0°C y 4°C, y una temperatura de congelación de -18°C y -22°C ya que controlar estos parámetros es fundamental para conservar las características orgánicas de los alimentos perecederos y extender su vida útil.

Según Herrera (2024) para diseñar una cámara frigorífica, se debe de tener en cuenta un enfoque que contemple diversas consideraciones, con el fin de establecer un entorno ideal para el almacenamiento en frío, tomando en cuenta las particularidades del lugar y los requerimientos concretos del producto.

2.1.2. Contexto Nacional

Lambayeque

Baca (2024) en su tesis titulada “Diseño de una Cámara Frigorífica para Mangos con Capacidad de 30,000 Kg, Ubicada en el Distrito de Motupe”, indica que en Motupe más del 50% de mango no satisface las temperaturas adecuadas de 10°C a 12°C necesarios para la exportación, principalmente debido a un almacenamiento ineficiente en ambientes normales o en cámaras frigoríficas inadecuadas, esto conlleva a un impacto adverso en la economía local, dado que el

mango para exportación posee un valor superior al que se dirige a los mercados locales. Para abordar esta situación, se propone diseñar una unidad frigorífica con espacio de almacenamiento de 30000 kg, que garantice condiciones óptimas para su conservación.

2.1.3. Contexto Local

Según Toledo (2016) en su tesis titulada: “Diseño de una Cámara Frigorífica para Incrementar la Capacidad de Conservación de Productos Lácteos de la Empresa Tongod Cajamarca, 2016”, el autor muestra dentro de su estudio el propósito para el cual está dirigido dicho diseño, siendo así aumentar la producción y ganancia de la empresa Tongod Cajamarca, con dicha instalación se estaría logrando evitar el deterioro de los productos lácteos, en consecuencia existe la necesidad dentro de la empresa de poder implementar a sus instalaciones una cámara frigorífica con una capacidad acorde a sus necesidades.

El autor Toledo (2016) nos da a conocer sobre su investigación que está basada en principios y tecnologías de la refrigeración, así como el análisis preciso de parámetros y componentes para dimensionar una cámara frigorífica, que cumpla con las necesidades de la empresa dedicada a la producción de lácteos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Transferencias de Calor

Es un procedimiento a través del cual la energía térmica se desplaza de un organismo o elemento de un entorno más caliente a otro más frío, hasta lograr un balance térmico. Este procedimiento puede realizarse a través de la conducción, la convección o la radiación.

Los autores Çengel (2012) afirman que: “Si se coloca un cuerpo en un espacio o medio a una temperatura diferente, se genera transferencia de energía hasta que se produzca el equilibrio térmico”.

Transmisión de Calor por Conducción. Es el proceso por el cual el calor pasa de una sustancia a otra, sin presentar ninguna variación o deformación en la materia, este fenómeno ocurre cuando se someten a temperaturas distintas.

Según el autor Çengel (2012) afirma que: la disipación de calor mediante conducción hace referencia a flujo energético de un cuerpo con más caliente a otro cuerpo con menos energía, esto generalmente sucede debido al contacto entre partículas, este fenómeno puede darse en materia sólida, líquida o gaseosa.

Transmisión de Calor por Convección. Esta forma de transferir calor se da generalmente en líquidos o gases, principalmente debido al desplazamiento de las partículas del fluido. La energía se transmite mediante el movimiento del fluido mismo.

Según Çengel (2012), define al traspaso de calor mediante convección como la forma de transferir energía entre un cuerpo sólido y un líquido o gas, siempre que se encuentren cerca y en movimiento, a medida que el movimiento de un fluido se acelera, el traspaso de energía por convección se incrementa.

Transmisión de Calor por Radiación. Esta forma de transferir calor generalmente depende de las características del cuerpo y es independiente a los objetos en su entorno, por consiguiente, se puede realizar dicha transferencia en el vacío.

Çengel (2012) dice que el intercambio de calor por radiación ocurre en forma de ondas electromagnéticas debido principalmente a las modificaciones en las estructuras electrónicas a

nivel atómico o molecular, en contraposición a la conducción y convección, la radiación no necesita la intervención o contacto entre cuerpos.

Ley Cero de la Termodinámica. Dicha ley sostiene que, cuando dos sistemas comparten equilibrio térmico con un tercero, en consecuencia, se encuentran en igual condición de temperatura entre ellos, esto posibilita establecer la temperatura como una característica común que establece dicho equilibrio.

Esta ley se genera cuando se consigue el equilibrio térmico de dos cuerpos como afirma Çengel (2012) estos cuerpos deben llegar a tener la misma temperatura final independientemente si están juntos o separados.

Primer Principio de la Termodinámica. Según este principio afirma que la energía no puede ser generada ni perdida, sino que sencillamente se modifica, en un sistema cerrado, la modificación de la energía interna es equivalente al calor que se recibe menos el trabajo que el sistema realiza.

De acuerdo al autor Çengel (2012) a dicho principio también se le denomina primera ley de la termodinámica. Según este considera que la ley fundamental de la termodinámica permite saber sobre la energía, diciendo que esta no se puede destruir como tal solo se transforma para cualquier proceso termodinámico que se requiera.

$$\Delta U = Q - W$$

Donde:

ΔU : Cambio de la energía

Q : Calor liberado por el sistema

W: Trabajo del sistema

Segundo Principio de la Termodinámica. Este principio sostiene que la energía suele dispersarse y que, en cualquier proceso espontáneo, la entropía del conjunto suele incrementarse, esto significa que no toda la energía puede convertirse en trabajo útil.

Comúnmente usada para poder estimar los límites teóricos dentro de un sistema termodinámico de uso común buscando cuantificar un nivel de perfección del sistema mismo, como lo menciona Çengel (2012).

2.2.2. Refrigeración

Se le conoce como refrigeración al proceso por el cual se produce una variación de temperatura en un cuerpo o ambiente, con relación a esto se extrae energía térmica del cuerpo a una temperatura inferior hacia una temperatura superior.

La refrigeración involucra la obtención de calor desde un ambiente cerrado con el propósito de reducir y mantener una temperatura inferior a la del medio. Este proceso se establece durante el ciclo de compresión de vapor, dicho proceso consta de cuatro fases: Compresión, condensación, expansión y evaporación.

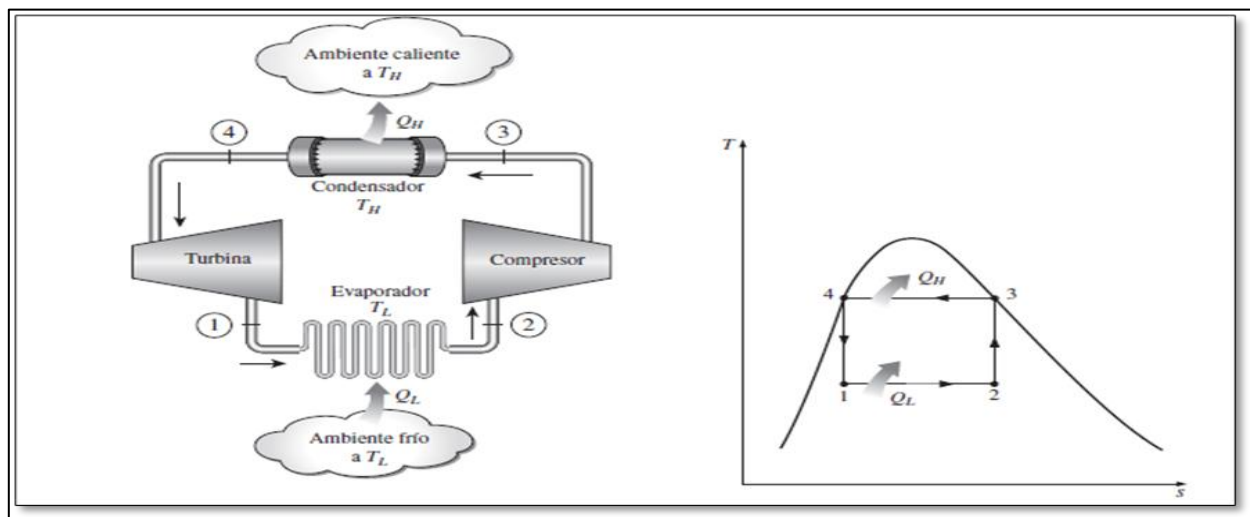
De acuerdo a los autores Çengel & Boles (2016) la refrigeración consiste en el intercambio de calor desde una sustancia más fría hacia otra con mayor temperatura, pero en este caso requiere de unos mecanismos conocidos como refrigeradores, estos son dispositivos fijos y trabajan con fluidos denominados refrigerantes.

Ciclos de Refrigeración. Es el proceso por el cual el refrigerante varía su estado a líquido y vapor de manera alternada, y en su etapa final se comprime llegando al mismo estado en el cual estuvo al inicio.

Ciclo Invertido de Carnot: Según Çengel & Boles (2016): “Es un ciclo complementario reversible, compuesto por dos procesos reversibles isotérmicos y dos procesos isentrópicos. Este proceso actúa como referencia para los ciclos reales, debido a que tiene la eficiencia más elevada para ciertas restricciones de temperatura”.

Figura 2

Diseño de un Refrigerador de Carnot y Diagrama T-s del Ciclo Invertido de Carnot



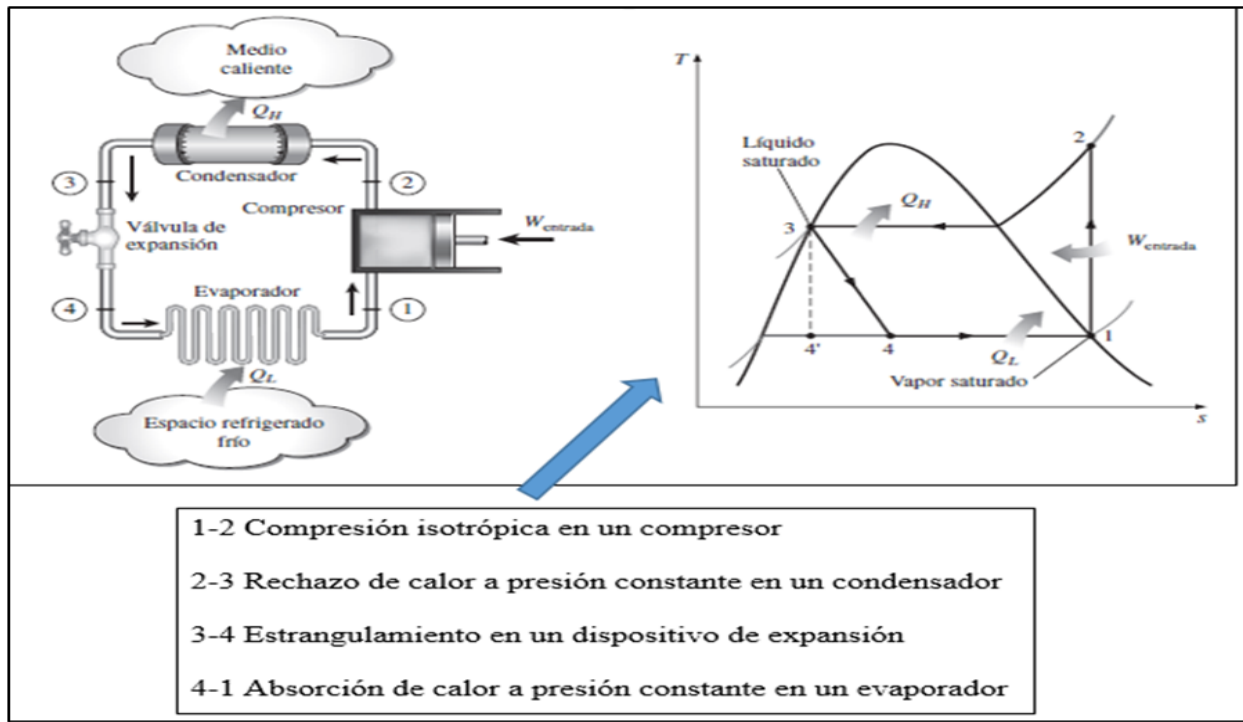
Nota. En la siguiente figura se observa un esquema de funcionamiento del ciclo invertido de Carnot: Adaptado de (Çengel & Boles, 2016).

Ciclo Ideal de Refrigeración: Los autores Çengel & Boles (2016) afirman que el ciclo ideal de refrigeración es el resultado de las modificaciones realizadas al ciclo invertido de Carnot, asegurándose la completa evaporación del refrigerante antes de la compresión y sustituyendo la turbina por un dispositivo de estrangulamiento, como una válvula de expansión o un tubo capilar.

Según Çengel & Boles (2016) afirman que: “En general los refrigeradores operan basados en el ciclo de compresión de vapor, así también los sistemas de aire acondicionado y bombas de calor”.

Figura 3

Esquema y Diagrama T-s para el Ciclo Ideal de Refrigeración



Nota. En la figura se aprecia un esquema y un diagrama Temperatura-Entropía, demostrando así el funcionamiento del ciclo ideal de refrigeración: Adaptado de (Çengel & Boles, 2016).

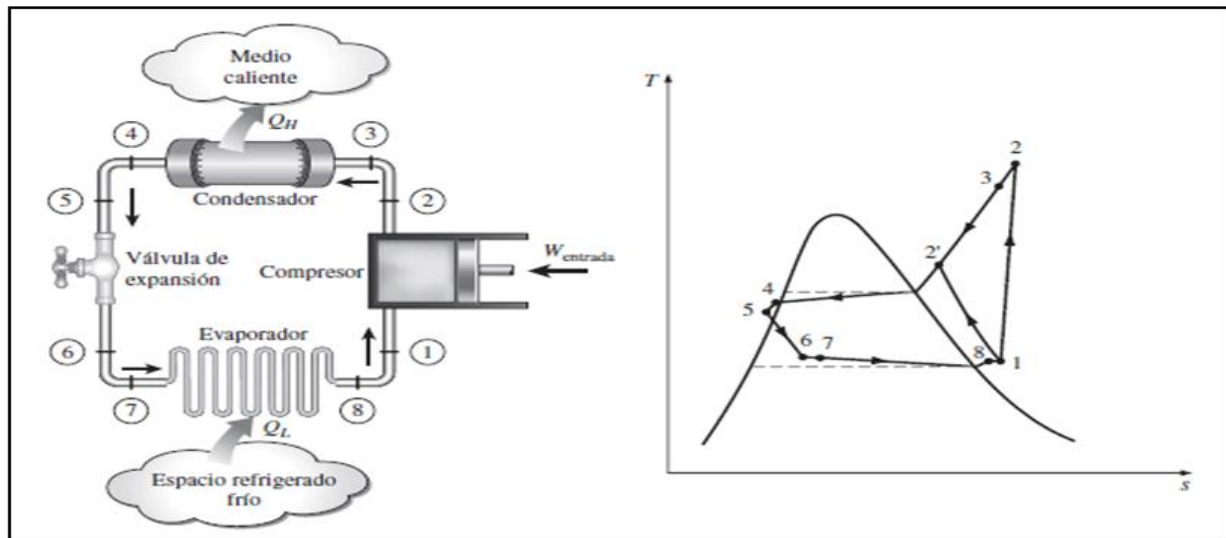
Ciclo Real de Refrigeración: Según Çengel & Boles (2016), un ciclo efectivo de refrigeración presenta muchas discrepancias con respecto al ciclo ideal, especialmente debido a la irreversibilidad presentes en sus distintos mecanismos, entre las causas más comunes de esta irreversibilidad se encuentra la fricción del fluido, que provoca variación de presión y el intercambio de calor entre el sistema y el ambiente.

Cuando existe un ciclo auténtico o ideal, su proceso es irreversible debido a la misma resistencia del fluido y la disipación de calor entre sus propios componentes.

Según Çengel & Boles (2016) afirman que: “El ciclo de refrigeración no ideal incluye fricciones que provoca el aumento de la entropía y facilita el flujo del calor”.

Figura 4

Esquema y Diagrama T-s para el Ciclo Real de Refrigeración



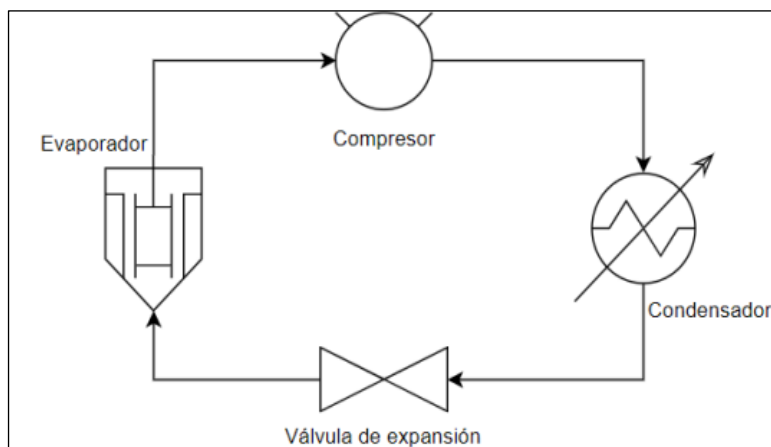
Nota. En la figura se observa el esquema principal de funcionamiento del ciclo real de refrigeración: Adaptado de (Çengel & Boles, 2016).

2.2.3. Principales Equipos de Refrigeración

En la siguiente figura se muestra los principales componentes del ciclo de refrigeración.

Figura 5

Esquema con los Principales Equipos de Refrigeración



Nota. En la figura se aprecia el esquema y orden de funcionamiento de los principales equipos de refrigeración: Adaptado de (Huchin & Ovando, 2024).

Compresor. Tiene como función el aumento de la presión de cualquier tipo de fluido como puede ser aire y/o otros fluidos. Si se requiere la medición de la capacidad de estos se debe tener en cuenta las condiciones que tiene de succión y descarga. Los compresores se clasifican de acuerdo al rango de temperatura que a continuación se detalla.

- Temperatura baja de **-10°C a -30°C**
- Temperatura media de **0°C a -10°C**
- Temperatura alta de **-5°C a 7°C**

Condensador. El condensador tiene la finalidad de condensar el gas requerido como lo puede ser propano, butano, metano, CO₂ y vapor de agua. Se puede llegar a condensar gases refrigerantes para los diversos sistemas de aire acondicionado.

Huchin & Ovando (2024) afirman que: El condensador funciona como un intercambiador térmico cuya tarea es reducir la temperatura del refrigerante es estado gaseoso proveniente del compresor, permitiendo así su transición de gas a líquido al ceder al ambiente. Por lo general, este calor se disipa en el aire.

Evaporador. Se diferencia del condensador principalmente por su tamaño, este equipo se encarga de absorber todo el calor del medio y posteriormente se encarga de enfriar, se utilizan mayormente ventiladores para generar una capacidad frigorífica mejor logrando un intercambio de calor más eficiente.

Según Huchin & Ovando (2024), el evaporador es un intercambiador de calor compuesto por tuberías por las que circula el gas refrigerante, el cual absorbe el calor proveniente del área que desea enfriar. Entre los distintos tipos que existen se pueden mencionar los de expansión seca, inundados, sobrealimentados, con aletas, etc.

Válvula de Expansión. Se encarga de limitar la circulación del refrigerante, esto genera una caída de presión en el sistema. Se permite que una parte del líquido logre expandirse mientras que la parte restante se evapora. Según los autores Huchin & Ovando (2024), definen que la función de la válvula de expansión dentro del sistema de refrigeración es regular la cantidad de refrigerante líquido ingrese al evaporador. Dicho refrigerante llega a la válvula a alta presión y, al pasar por esta, se convierte en una mezcla de vapor a baja presión y líquido.

Refrigerante. Se puede considerar al refrigerante como cualquier sustancia que logra absorber el calor presente en el medio actuante. El refrigerante opera en un ciclo de evaporación y logra condensarse absorbiendo como también cediendo calor al sistema.

El autor Garcia (2020) sugiere que para seleccionar un buen refrigerante y que sea amigable con el medio ambiente se debe de seguir los siguientes criterios de selección: seguridad y sostenibilidad, eficiencia energética, gran capacidad y un bajo costo.

Figura 6

Nuevos Refrigerantes para Refrigeración

Refrigerante actual	PCA (AR-5)	Refrigerantes con bajo PCA compuestos de HFO's			
		No inflamable		Ligeramente inflamable	
		ASHRAE Clase 1		ASHRAE Clase 2L	
		Nombre	PCA (AR-5)	Nombre	PCA (AR-5)
HFC-134a	1300	R-513A (Opteon™ XP10)	573	HFO-1234yf (Opteon™ YF)	< 1
HFC-404A	3943	R-449A (Opteon™ XP40)	1282	R-454A - DR7* (Opteon™ XL40)	238
HFC-404A	3943	R-452A (Opteon™ XP44)	1945		
HCFC-22				R-454C – DR3* (Opteon™ XL20)	146

Nota. En la figura podemos apreciar los principales refrigerantes, los cuales son más utilizados en la industria frigorífica de hoy en día: Adaptado de (Garcia, 2020).

2.2.4. Conservación de Productos Perecederos

Se denomina producto perecedero, a toda materia que presenta una corta vida útil y son susceptibles a descomposición por acción de microorganismos, temperatura, humedad y otras condiciones ambientales, generalmente son los alimentos y entre estos productos tenemos: frutas, verduras, carnes, pescados, lácteos y flores.

Según indica Machado (2022), desde tiempos antiguos, las técnicas para conservar alimentos han progresado como respuesta a las necesidades del ser humano, transformándose con el paso del tiempo gracias a los desarrollos tecnológicos que posibilitan regular el entorno y prolongar la durabilidad de los productos alimenticios, estas transformaciones han ido desde una demanda personal hasta convertirse en una cuestión de interés mundial relacionada con la seguridad alimentaria.

2.2.5. Métodos de Conservación

Conservación física. Machado (2022) nos indica que uno de los métodos más utilizados es el tratamiento térmico, ya que actúa directamente sobre los microorganismos y enzimas presentes en los alimentos. Su eficacia depende del nivel de temperatura y el tiempo de exposición, lo que incrementa la seguridad del producto. Este procedimiento se emplea principalmente durante el proceso de transformación del alimento y antes de su envasado.

Conservación química. Según indica Machado (2022), este tipo de método de conservación se considera invasivo, ya que implica la incorporación de sustancias externas conocidas como aditivos al alimento, integrándose a su composición con el fin de cumplir funciones específicas. Estos aditivos ayudan a mantener la calidad organoléptica y microbiológica del producto, pero también modifican su estructura química al alterar propiedades como el PH y la actividad de agua H₂O.

2.2.6. Cadena de Frío

Según el autor METECNO (2024), la cadena de frío es un método de conservación aplicada a los alimentos como carnes, aves, lácteos, frutas, productos de supermercado, así como a flores y medicamentos. Este proceso abarca desde la etapa de reducción hasta que los productos lleguen al consumidor final. Gestionar adecuadamente esta cadena es clave para evitar el desperdicio de alimentos, proteger los recursos económicos de las empresas participantes, preservar la calidad de los productos y optimizar el uso de la energía en los espacios destinados a su conservación.

La meta principal de la cadena de frío es preservar la calidad, seguridad y durabilidad de estos productos, previniendo su deterioro o contaminación. Esto significa mantenerlos en un rango de temperatura determinado durante todas las fases: fabricación, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización.

2.2.7. Tipos de Cámaras Frigoríficas y sus Aplicaciones

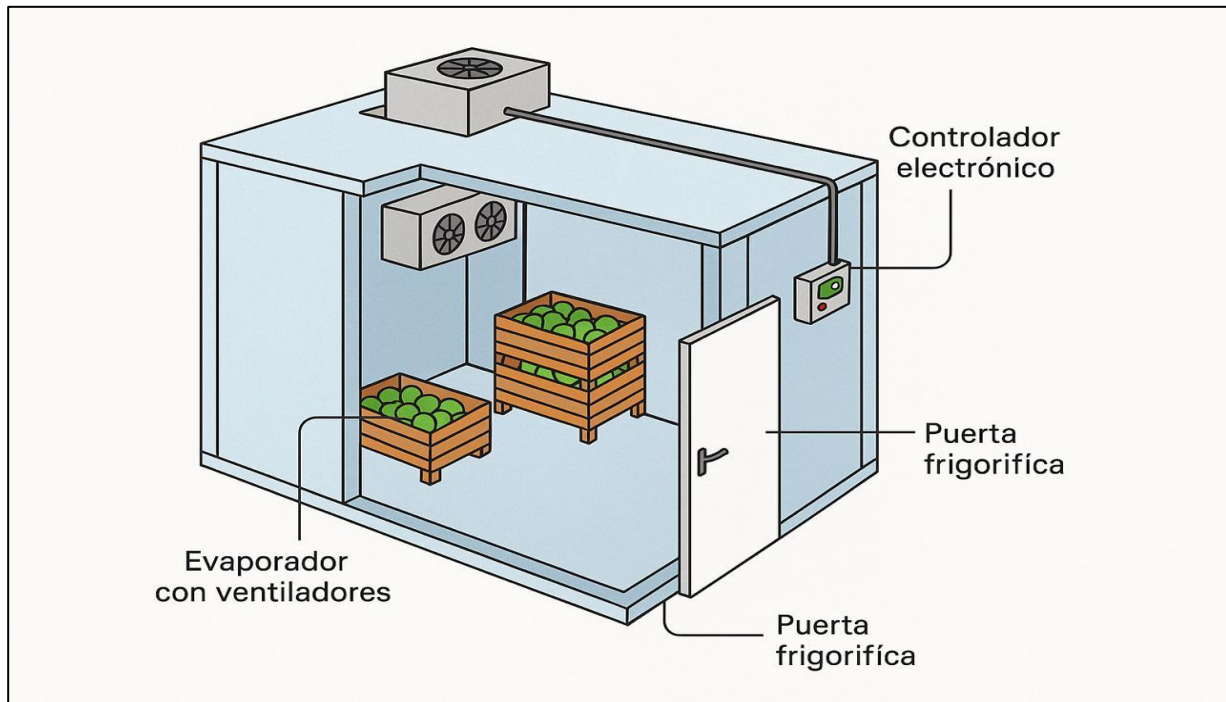
Cámara frigorífica. Se le denomina así a todo establecimiento que presente aislamiento térmico, el propósito de estas instalaciones es mantener un clima adecuado y regulado, para lograr este tipo de ambiente interior es necesario la intervención de mecanismos frigoríficos.

De acuerdo al autor INTARCON (2024), las cámaras frigoríficas son instalaciones industriales que mediante un sistema de refrigeración mantienen condiciones climáticas concretas que permitan conservar y alargar la vida útil de los productos almacenados en ella.

INTARCON (2024), este autor también señala que las cámaras frigoríficas cumplen una función muy importante en diversos sectores, entre ellos la industria alimentaria, en dicho sector garantiza una apropiada conservación de los alimentos, también es muy importante en otros ámbitos industriales donde sus procesos requieren refrigeración.

Figura 7

Cámara Frigorífica y sus Principales Componentes



Nota. En la figura se aprecia una cámara frigorífica con sus principales equipos de refrigeración.

Los tipos de cámaras frigoríficas se clasifican según su función y tamaño de construcción.

Según su función:

Cámaras de conservación. De acuerdo a INTARCON (2024) las cámaras de conservación se emplean para mantener productos a temperaturas que oscilan entre 0 y 10°C, siendo su uso principal la preservación de alimentos frescos, bebidas y productos farmacéuticos.

Cámaras de congelación. Están diseñadas para conservar productos congelados a temperatura que van desde los 0 hasta los -28°C. suelen contar con un aislamiento más eficiente y se abren con menor frecuencia durante el día. A estas temperaturas se almacenan alimentos congelados, vacunas y material orgánico (INTARCON, 2024).

Túnel de Congelación. Según INTARCON (2024) los túneles de congelación operan en un rango de temperatura que va desde los -30°C a -40°C . gracias a sistemas automáticos de transporte de corrientes de aire frío, los productos se congelan individualmente mientras se mueven dentro de la cámara. Son utilizadas principalmente en la industria alimentaria para congelar bandejas de carne o productos de repostería.

Abatidores de Temperatura. El autor INTARCON (2024) nos indica que este tipo de cámara permite enfriar los productos de forma rápida, lo que ayuda a minimizar el riesgo de contaminación y prolongar su conservación. Su uso es común en la elaboración de alimentos dentro de la cocina industrial.

Según su tamaño de construcción:

Pequeño Tamaño. Estas cámaras están diseñadas para una capacidad de hasta 30 m³, dichas instalaciones se usan para hostelería y tiendas de proximidad, carnicería, pescadería, heladería, etc.

Mediano Tamaño. Este tipo de instalaciones frigoríficas son diseñadas para almacenar una capacidad de hasta 200 m³, dichas instalaciones se pueden usar en: supermercados, salas frías, hoteles, laboratorios farmacéuticos, etc.

Grande Tamaño. Estas cámaras frigoríficas industriales están diseñadas para una capacidad de hasta 3000 m³, dichas instalaciones se implementan en grandes centros logísticos.

2.2.8. Normas Técnicas Nacionales e Internacionales

Para la conservación de alimentos, en específico utilizando métodos de refrigeración, se debe de tener en cuenta la normativa técnica ya sea nacional como internacional. Estas especificaciones técnicas certifican la inocuidad, calidad y seguridad de los productos

perecederos, precisando requerimientos técnicos, sanitarios y operativos que deben ser respetados a lo largo de la refrigeración.

Normas Técnicas Nacionales

Decreto Supremo N.º 007-98-SA

Según el MINSA (1998) quien aprueba un decreto supremo N.º 007-98-SA, en dicho decreto aprueba los requerimientos sanitarios que se debe de cumplir en la producción, almacenamiento, transporte y comercialización de los alimentos, a continuación, se detallan las disposiciones correspondientes:

- Los productos alimenticios deben de someterse a una temperatura adecuada durante todo su traslado, desde el momento de cosechas, almacenamiento y consumo final.
- Los recintos de conservación frigorífica deben de estar equipados con mecanismos de medición y control que faciliten el registro y control de las condiciones de almacenamiento.
- Sugiere que se debe de prevenir la variación de temperatura y así evitar la inocuidad del producto.

Norma Técnica Peruana (NTP)

NTP 209.038

Las Normas Técnicas Peruanas (NTP) emitidas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) en esta norma se establecen los requisitos para las condiciones de almacenamiento.

De acuerdo al Instituto Nacional de Calidad (2020), en su norma técnica NTP 209.038 precisa los rangos ideales de temperatura y humedad relativa según el tipo de producto: frutas, verduras y hortalizas frescas.

NTS N.º 205 – MINSA/DIGESA - 2023

De acuerdo con el Ministerio de Salud (2023), en su decreto supremo aprueba la norma NTS N.º 205, en esta norma se determinó los criterios técnicos para el control y la supervisión sanitaria para las instalaciones industriales, incluyendo muchos aspectos como el estado de almacenamiento, higiene, control de temperatura y el mantenimiento de los dispositivos.

Normas Técnicas Internacionales

NB/ISO 22003-1:2024

Según la Organización Internacional de Normalización (2024) en su norma NB/ISO 22003-1 estandariza las medidas de gestión de seguridad alimentaria que deben de ser aplicadas en todo el proceso de suministro. Dichas normas exigen la implementación de procedimientos de monitoreo y control de temperatura, limpieza, mantenimiento y capacitación del personal encargado de las operaciones de las instalaciones frigoríficas.

CODIGOS ALIMENTARIOS – FAO/OMS

La FAO y la OMS han desarrollado muchas normas internacionales alimentarias, estas normativas son ampliamente adaptables a diversos países, su propósito es asegurar un comercio alimentario seguro y eficaz haciendo cumplir los parámetros de calidad.

Según FAO (2025), en sus códigos alimentarios y con relación con la refrigeración establece lo siguiente:

- Establece un límite de 4°C para la conservación de alimentos refrigerados.
- Sugiere la implementación de un control continuo de la temperatura durante las etapas de almacenamiento y transporte.

- Regulariza la adopción de buenas prácticas de manufactura y la implementación de sistemas de Análisis de Pliegos y Puntos Críticos de Control.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

Esta sociedad internacional cuenta con muchas guías técnicas y manuales que son utilizadas a nivel internacional como referencia para diseñar los sistemas de refrigeración.

Según ASHRAE (2025) en sus manuales y guías técnicas ofrecen lo siguiente recomendaciones:

- Lineamientos con respecto al diseño térmico de recintos frigoríficos.
- Indicaciones para la selección de refrigerantes, el aislamiento térmico, la ventilación y el control de la humedad.
- Registro con parámetros de carga térmica conforme a la clase de producto y circunstancias naturales del medio.

2.2.9. Análisis de Cargas Térmicas

Carga Térmica. En todo ambiente refrigerado o cámara frigorífica, la carga térmica es el calor que ingresa al interior y que debe de ser regulado mediante la acción de algún mecanismo, para mantener un clima adecuado al interior.

Al cuantificar las fuentes de calor posibles se puede estimar la carga térmica, ya que esto indica el valor total de energía térmica por cada periodo de tiempo dentro de un recinto cerrado, este calor se intercambia con el exterior mediante condiciones higrométricas presentes del interior y exterior. Obteniendo cálculos estimados que puedan lograr el correcto dimensionamiento de componentes en las plantas de refrigeración.

Según Benitez et al. (2022), las principales fuentes de calor son: “tiempo de funcionamiento de la instalación, cargas de enfriamiento, cargas por paredes, causadas por la ventilación, almacenamiento de productos y otras cargas complementarias”.

Calor por Transmisión de Paredes, Suelo, Techo y Puertas. Se considera al calor por transmisión al calor que se dirige por inducción desde el exterior hacia el interior de la instalación de refrigeración.

Para estimar este calor se usa las siguientes formulas:

$$Q_t = U * A * \Delta T$$

Donde:

Q_t: Calor de transmisión

ΔT: Variación de la temperatura

U: Coeficiente de transmisión térmica

A: Superficie aproximada

Calor por Entrada del Producto. Para lograr el nivel de temperatura requerido por el sistema de refrigeración se debe eliminar el calor de entrada, siendo el producto de cualquier material que disminuye su temperatura para la instalación de refrigeración.

Se calcula con la siguiente formula:

$$Q_{\text{producto}} = m_{\text{entrada}} * C_f * (T_{\text{entrada}} - T_{\text{almacenamiento}})$$

Donde:

Q_{producto}: Carga total por renovación del producto

m_{entrada}: Masa de entrada

T_{entrada}: Temperatura de entrada del producto

T_{almacenamiento}: Temperatura de conservación

C_f: Propiedad térmica específica del producto

Calor por Renovación de Aire. La renovación de aire diariamente se da en el interior de la cámara como también es ocasionada por la apertura de las puertas.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{renovacion}} = N_{\text{renovacion}} * \frac{V_{\text{interior}}}{0,83} * (h_{\text{exterior}} - h_{\text{interior}})$$

$$N_{\text{renovacion}} = 86,1 * V_{\text{interior}}^{-0.55}$$

Donde:

Q_{renovacion}: Calor total por renovación de aire

N_{renovación}: Número de renovaciones diarias

V_{Interior}: Volumen interior

h_e: Entalpia exterior

h_i: Entalpia interior

Cargas Varias. Según Benitez et al. (2022), las cargas varias son “También llamadas cargas suplementarias como iluminación, ventilación, desescarcha, personas trabajando”.

Para calcular el calor debido a cargas varias debemos de tener en cuenta las siguientes ecuaciones.

$$P_{iluminacion} = E * S$$

$$Q_{iluminacion} = P_{iluminacion} * N_{trabajo} * 3,6 \left(\frac{kJ}{dia} \right)$$

$$P_{ventilacion} = 0,1 * P_{camara} (W)$$

$$Q_{ventilacion} = P_{ventilacion} * N_c * 3,6 \left(\frac{kJ}{dia} \right)$$

$$P_{des} = 0,025 * P_{camara} (W)$$

$$Q_{des} = P_{des} * d_{dia} * t_{des} * 0.06 \left(\frac{kJ}{dia} \right)$$

$$P_{per} = 272 - 6 * t_{almacen} (W)$$

$$Q_{per} = P_{persona} * N_p * N_t * 3,6 \left(\frac{kJ}{dia} \right)$$

De las ecuaciones anteriores se establece que:

Q: Calor

P: Potencia

E: Irradiancia (W/m²)

S: Superficie

N_t: Horas de trabajo

N_c: Horas de trabajo del compresor

d_{dia}: Número de desescarches diarios

t_{desescarche}: Tiempo duración del desescarche

N_p: Número de personas

N_{tiempo}: Número de horas de trabajado

t_{almacenamiento}: Tiempo de almacenamiento

Potencia Frigorífica. Se le considera a la potencia ofrecida por la instalación industrial con el fin de obtener una temperatura adecuada.

Se calcula usando la siguiente ecuación.

$$P_{\text{Frigorífica}} = \frac{Q_{\text{Total}}}{n_c * 3,6} \text{ (W)}$$

Donde:

P_{Frigorífica}: Potencia frigorífica

Q_{Total}: Calor total de la cámara

n_c: Número de horas de trabajo de la maquina frigorífica

2.2.10. Viabilidad Económica del Proyecto

Valor Actual Neto (VAN). Se le considera a la sumatoria de flujos de fondos desde el inicio con una tasa de descuento, dicho resultado se condiciona acorde a su signo pudiendo decir que si el VAN es positivo se logrará permitir recuperar el capital invertido, pero si este resulta ser negativo ocasionará una pérdida neta.

Para el cálculo se usará la siguiente ecuación:

$$VAN = -IT + \sum_{t=1}^n FF_t / (1 + i)^t$$

Donde:

VAN: Valor actual neto

IT: Capital de partida

FF_t: Flujo de fondos periodos

t: 1,2, 3..., n

i: Costo de capital

n: Periodo operativo del proyecto

Tasa Interna de Retorno (TIR). Se le considera a la tasa por la cual se puede recuperar lo invertido o tasa de actualización, siendo capaz de hacer el VAN=0. Se calculará de la siguiente manera:

$$VAN = 0$$

$$0 = -IT + \sum_{t=1}^n FF_t / (1 + TIR)^t$$

Donde:

TIR: Tasa interna de retorno

IT: Inversión inicial

FF_t: Flujo de fondos a periodo

t, t: 1,2, 3, ..., n, n: Vida útil del proyecto

Se aceptará la inversión si la tasa de interés es menor que la TIR, siendo el Tasa Interna de Retorno (TIR) positiva para el proyecto, se anexara los cálculos respectivos.

Periodo de Recuperación de Capital (PRC). Es el periodo cuyo rango abarca desde el primer monto gastado hasta que el VAN de como resultado mayor que cero. Pudiéndose calcular de la siguiente manera:

$$PRC = -I_0 + \sum_{t=1}^n FF_t / (1 + i)^t$$

Donde:

PRC: Periodo de recuperación de capital

I₀: Inversión total

FF_t: Flujo de fondos a periodo

t, t: 1,2, 3, ..., n

n: Periodo operativo del proyecto

El tiempo necesario para recuperar la inversión inicial de nuestro proyecto será en un plazo de tres años.

2.2.11. Marco Conceptual

Calor. Representa un tipo de energía que se libera entre la materia debido a una alteración en la temperatura, siempre se intercambia de un sistema más cálido a otro con menor temperatura hasta alcanzar un equilibrio térmico.

Temperatura. Hace referencia a la transmisión de energía térmica, no al desplazamiento de un elemento físico conocido como calor. Además, cuando el calor se transfiere hacia un sistema, se considera una adicción de calor, mientras que cuando se transfiere hacia el exterior, se denomina rechazo de calor. El grado térmico representa la medición de la energía cinética de una partícula dentro de un cuerpo.

Humedad Relativa. Se le considera humedad relativa del aire al porcentaje obtenido de la división de la presión parcial generada por vapor de agua entre la masa de aire en cualquier momento. Pudiéndose expresar en la siguiente fórmula:

$$Hr = \frac{\text{densidad de vapor}}{\text{densidad de vapor saturado}} \times 100\%$$

Humedad Absoluta. Se le considera a la cantidad en kilogramos de vapor de agua presente en un kilogramo de aire seco a la humedad relativa, pudiéndose calcular de la siguiente manera:

$$He = \frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire seco}} = \frac{18 \text{ moles de vapor de agua}}{28,8 \text{ moles de aire seco}}$$

$$He = 0,625 * \frac{P_{sat}}{P - P_{sat}} \text{ kg/kg}_{\text{aire seco}}$$

Donde:

He: Humedad absoluta

P: Presión atmosférica

Psat: Presión ejercida por el vapor de agua

Presión de Saturación. Cuando se tiene una temperatura específica y a dicha temperatura la presión ejercida a una sustancia no combinada se logra el cambio de estado, a esa presión se le denomina presión de saturación.

De acuerdo a Çengel & Boles (2016), se define como la fuerza que un fluido efectúa de manera perpendicular sobre una superficie, dividido entre esta porción de área. Este término se utiliza específicamente para gases y líquidos, ya que en los sólidos su equivalente es conocido como esfuerzo normal.

Se puede calcular la presión de saturación mediante la siguiente formula:

$$P_{\text{sat}} = 0,0061 * 10^{\frac{7,5 * t_{\text{alm.}}}{237 + t_{\text{alm.}}}} \text{ bar}$$

Entalpía. Es la propiedad capaz de cuantificar la energía térmica del material requerido en las condiciones requeridas de presión y temperatura.

Entropía. Se le llama así a la energía total que ha sido cedida a la materia bajo cierto rango de temperatura absoluta, trasladando la materia a un estado real partiendo desde una condición de referencia inicial.

Según los autores Çengel & Boles (2016), sostienen que la entropía se puede interpretar como un indicador del desorden o la aleatoriedad a nivel molecular. Cuando mayor es el desorden del sistema, se reduce la posibilidad de una estabilidad de sus moléculas, lo que provoca un aumento en la entropía.

Calor específico. Se le denomina así al cambio de la energía que es requerida para poder ocasionar una variación de temperatura en cierta cantidad de materia.

De acuerdo al autor Çengel (2012), definen al calor específico como la energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una porción de materia. La cuantía de energía requerida dependerá directamente de cómo se realice el proceso, Existen dos tipos principales:

- Calor necesario sin variar su volumen, donde el volumen no cambia durante el proceso.
- Calor específico a presión constante, se aplica en condiciones de presión estable.

Flujo Másico. Los autores Çengel & Boles (2016), definen al flujo másico como la cantidad transferida de materia hacia el interior o exterior del sistema, actuando como una unidad extra para transferir energía. Al suministrar masa al sistema, su energía se incrementa, esto debido a que la masa transporta energía consigo misma (de manera concreta, la masa por sí misma representa energía).

Eficiencia Térmica. De acuerdo a Çengel & Boles (2016), la eficiencia térmica es la cuantía del rendimiento térmico de una máquina o sistema, y también se le puede conocer como la proporción de calor que entra y se transforma en trabajo neto de salida.

Coefficiente de Desempeño. Según los autores Çengel & Boles (2016), la eficiencia de un sistema se puede medir mediante el coeficiente de desempeño (COP). El objetivo general del refrigerador es extraer calor del medio que se desea enfriar, lo cual es necesario una cierta cantidad de trabajo. En consecuencia, el COP de un refrigerador se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{COP} = \frac{\text{Salida Deseada}}{\text{Entrada Requerida}}$$

Calor Sensible. De acuerdo a los autores Sánchez & García (2022), el calor sensible es la energía térmica que, al ser transferida a un cuerpo u objeto, eleva su temperatura sin modificar su estructura molecular ni su fase. Su nombre contrasta con el del calor latente, que representa el calor oculto. A diferencia de este último, el calor sensible se manifiesta en un aumento de temperatura, lo que hace que se perciba como un incremento en el calor del objeto.

$$Q_s = m * C_p * \Delta T$$

Calor Latente. Los autores Sánchez & García (2022), definen al calor latente como a la cantidad de energía térmica que una sustancia o materia absorbe o libera durante una modificación de fase de una sustancia, en dicho proceso se mantiene siempre la temperatura constante.

Conductividad Térmica. Según los autores Sánchez & García (2022), afirman que la conductividad térmica se genera mediante la vibración y choque entre moléculas, sin modificar el movimiento o estado de la materia. El calor es transferido mediante un gradiente de temperatura, cuyo desplazamiento es desde un área a temperatura elevada hacia otra con menor calor y energía.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación: Teórica – aplicada

Es indispensable realizar un análisis teórico para poder conocer, actuar, construir y modificar de acuerdo a las limitaciones basado en hallazgos y progresos obtenidos de la investigación fundamental.

En base a esta definición se aplicarán las teorías de transmisión de calor y refrigeración, y aplicada, debido a que dichos fundamentos se utilizan para proponer el diseño de una cámara frigorífica destinada al mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.

Diseño de la investigación: No Experimental

La investigación no experimental consiste principalmente en la observación de fenómenos sin alteración alguna.

El análisis se desarrolla sin cambios en las variables del estudio.

Enfoque

Cuantitativo, con relación a los datos de campo.

3.2. Población y muestra

Población

Es el centro comercial que está localizado en la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.

Muestra

Es el centro comercial que se encuentra ubicado en la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.

3.3. Técnica de Muestreo

La población es igual a la muestra. En consecuencia, no se utilizó técnica de muestreo.

3.4. Hipótesis

La instalación de una cámara frigorífica con un diseño adecuado contribuirá de manera notable a optimizar, la conservación de productos perecederos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, disminuyendo las pérdidas posteriores a la cosecha y prolongando la vida útil de los alimentos.

3.5. Operacionalización de Variables

Las variables para este proyecto son las siguientes:

X: Variable Independiente

Cámara frigorífica

Definición Conceptual. Es aquella instalación aislada térmicamente, cuyo objetivo es mantener constantes la temperatura y la humedad relativa requeridas en su interior.

Definición Operacional. La función principal de una cámara frigorífica es almacenar y conservar cualquier producto contenido en ella, en condiciones óptimas de tal manera que conserve su valor en el mercado a través de la observación, documentación, fórmulas y cálculos operacionales.

Y: Variable Dependiente

Capacidad de Almacenamiento y Conservación de Productos Perecederos

Definición Conceptual. Consiste en una serie de procedimientos destinados a prevenir el deterioro de los productos alimenticios, con el objetivo de preservarlos para más adelante ser utilizados, trasladarlos o almacenarlos.

Definición Operacional. Constituye el potencial de conservar el tiempo de eso de un producto perecedero (frutas, verduras, carnes, lácteos, huevos, etc.) sosteniendo sus características tanto físicas como químicas para que sean aptas para la comercialización y el consumo humano.

3.6. Métodos y Técnicas de Medición

3.6.1. La Encuesta

La encuesta fue utilizada como técnica principal de recolección de datos, aplicada a los comerciantes del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. esta técnica permitió recopilar información cuantitativa relacionada con los tipos de productos perecederos comercializados, cantidades vendidas diariamente, métodos actuales de conservación y porcentajes de pérdidas por descomposición, información necesaria para el dimensionamiento de la cámara frigorífica.

3.6.2. Observación Directa

La observación directa permitió identificar las condiciones actuales de almacenamiento de los productos perecederos, los espacios disponibles dentro del mercado de abastos y las prácticas habituales de conservación, información complementaria para la propuesta de diseño de la cámara.

3.6.3. Análisis Documental

Se recopiló información referente a temas como transmisión de calor, principios de refrigeración los cuales son esenciales con vistas al desarrollo de un sistema de refrigeración, se utilizó: tesis, sitios web confiables, libros, artículos, etc.

3.7. Descripción de los instrumentos utilizados

3.7.1. Para la Encuesta

el instrumento utilizado fue un cuestionario estructurado, conformado por preguntas cerradas de opción múltiple, el cual fue aplicado de manera directa a los comerciantes del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz. El cuestionario permitió obtener datos estadísticos que fueron procesados y analizados mediante estadística descriptiva.

3.7.2. Para el Análisis Documental

Se recopiló datos del clima de la página web del SENAMHI, la teoría para el marco teórico se obtuvo de: tesis, sitios web confiables, libros, artículos, etc.

3.7.3. Para la Observación

Se usó cámara fotográfica, celular, papel, lapicero.

3.8. Análisis estadístico e interpretación de datos

De los datos del clima obtenidos de la estación meteorológica convencional Santa Cruz SENAMHI se calculará el valor promedio anual, con el valor promedio anual se obtendrá las condiciones exteriores de la cámara, luego se realizará una evaluación de las cargas térmicas en base a las revisiones bibliográficas, considerando el análisis de la demanda térmica se dimensiona y selecciona los equipos y componentes de la cámara frigorífica, luego se efectuará el análisis económico de la propuesta de diseño. Se usará la estadística descriptiva.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción de la Instalación Propuesta

Como respuesta a la problemática identificada en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, se propone el diseño de una cámara frigorífica destinada al almacenamiento y conservación de productos perecederos. Esta instalación tiene como finalidad mejorar las condiciones actuales de conservación, reducir las pérdidas por descomposición y garantizar la calidad sanitaria de los alimentos comercializados. El diseño de la cámara frigorífica se fundamenta en criterios técnicos de refrigeración, eficiencia energética y cumplimiento de la normativa nacional e internacional vigente, con el objetivo de asegurar un funcionamiento seguro, confiable y sostenible.

Con el fin de garantizar un adecuado diseño de la unidad frigorífica se debe de tener en cuenta siempre las siguientes normas técnicas y códigos.

Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú).

NFPA (National Fire Protection Association).

ANSI (American National Standards Institute).

ASTM (American Society for Testing Materials).

ASME (American Society of Mechanical Engineers).

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)

Normas técnicas peruanas de refrigeración.

4.2. Evaluación del Clima de la Provincia de Santa Cruz

Para el diseño de la cámara frigorífica se consideran los datos climatológicos de la estación meteorológica convencional Santa Cruz, proporcionada por el SENAMHI. A partir de dichos registros se determinan los valores promedios anuales de temperatura y humedad relativa, los cuales permiten establecer las condiciones exteriores que influyen directamente en el cálculo de las cargas térmicas.

4.3. Cálculo de las Cargas Térmicas

El cálculo de las cargas térmicas se realiza considerando las condiciones climáticas de la zona, las características de aislamiento térmico del recinto, las condiciones de almacenamiento requeridas y las propiedades térmicas de los productos perecederos. Este análisis permite determinar la demanda térmica total del sistema y seleccionar adecuadamente los equipos de refrigeración.

4.4. Selección de Equipos y Componentes de la Cámara Frigorífica

En función de la carga térmica total calculada y de acuerdo con la normativa vigente, se seleccionan los principales equipos del sistema frigorífico, tales como el compresor, evaporador, condensador, válvula de expansión, refrigerante y materiales aislantes, garantizando su compatibilidad técnica y eficiencia operativa.

4.5. Evaluación Económica de la Instalación Propuesta

la evaluación económica considera los costos de adquisición de los equipos, instalación, operación y mantenimiento del sistema frigorífico. Para determinar la viabilidad del proyecto se emplean los indicadores financieros Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Periodo de Recuperación de Capital (PRC), considerando un horizonte de evaluación de veinte años.

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Dimensionamiento de la Cámara Frigorífica

Con el fin de obtener el tamaño requerido de un recinto frigorífico se debe de tener en cuenta muchos factores técnicos, térmicos y logísticos. A continuación, se detalla:

Tipo y Cantidad de Producto a Conservar. Para el estudio se a considerado productos que se deterioran muy rápidamente como (frutas, verduras, hortalizas, etc.), cantidad total a almacenar, tiempo de conservación, temperatura de almacenamiento, temperatura de ingreso del producto y tiempo de actividad diaria.

Dimensiones de la Cámara Frigorífica. Volumen útil requerido, altura, largo y ancho.

Ubicación Geográfica y Condiciones Ambientales. Temperatura exterior promedio y máxima, altitud y condición de humedad presente en el aire exterior.

Aislación Térmica. En el siguiente estudio se propondrá el aislante que cumpla con la normativa de refrigeración generalmente es de tipo panel (espuma de poliuretano, poliuretano expandido, etc.), con un determinado espesor y su respectivo coeficiente de transmisión térmica.

Cálculo de Cargas Térmicas. Demanda térmica por ingreso de producto, por infiltración de aire, por paredes, techo, puerta y piso, por personas, iluminación, motores eléctricos, ventilación.

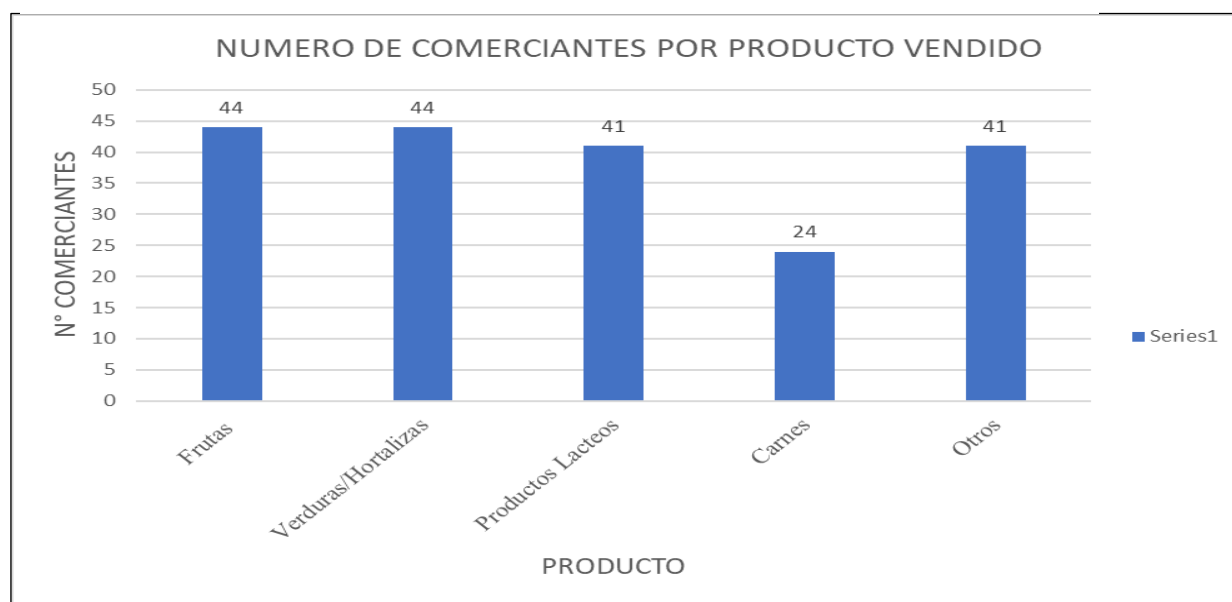
Sistemas de refrigeración. Los mecanismos que se calcularan y seleccionaran será de acuerdo a la demanda de nuestro recinto frigorífica, el tipo de refrigerante (R404A, R134a, CO₂, etc.), potencia frigorífica necesaria, unidad condensadora y evaporadora, controladores de temperatura y humedad, siempre cumpliendo las especificaciones técnicas.

5.1.1. Tipos y Cantidades de Productos a Conservar

De la encuesta realizada a los ochenta comerciantes del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, se determinó que cuarenta y nueve de ellos se dedican a la venta de productos perecederos como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8

Numero de Comerciantes por Producto Vendido



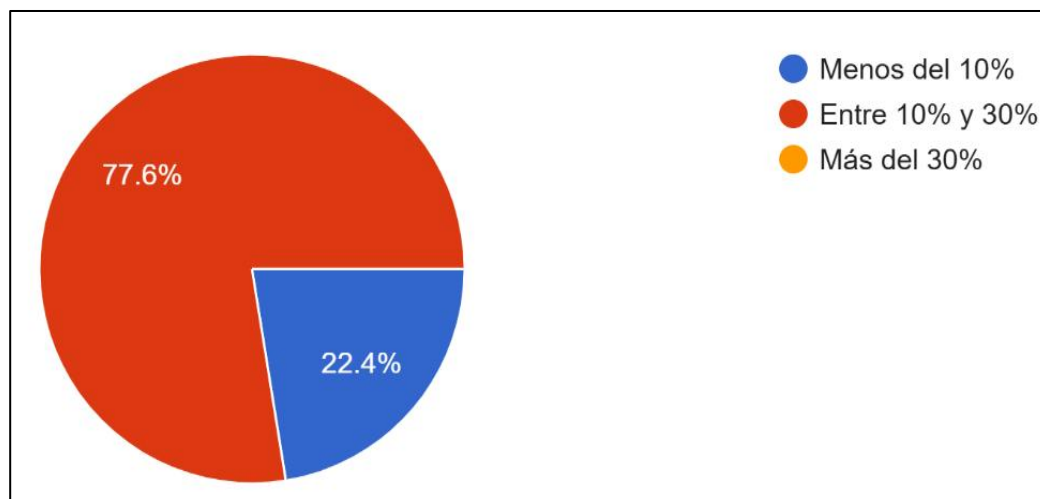
Nota. En esta figura podemos observar el número de comerciantes y el tipo de producto que venden en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz.

Los cuarenta y nueve comerciantes que venden productos perecederos en el mercado de abastos de la Provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, respondieron a la encuesta en donde se les consulta por la cantidad de producto vendido diariamente (frutas, verduras, hortalizas, etc.) cuyas respuestas son las siguientes: un 49% respondió que venden más de 30 kg diariamente, un 46.9 % respondieron que vendían menos de 30 kg diariamente y tan solo el 4.1% respondieron que vendían menos de 20 kg diariamente, también se les consulto por la pérdida de sus productos por descomposición y con qué frecuencia se dan dichas perdidas los resultados se muestran en las

figuras (Figura 9, Figura 10 y Figura 11), de acuerdo a los datos obtenidos en dicha encuesta, tomamos el promedio de los resultados de la cantidad de producto vendido diariamente, y asumimos que cada comerciante vende 30 kg de alimentos perecederos diariamente.

Figura 9

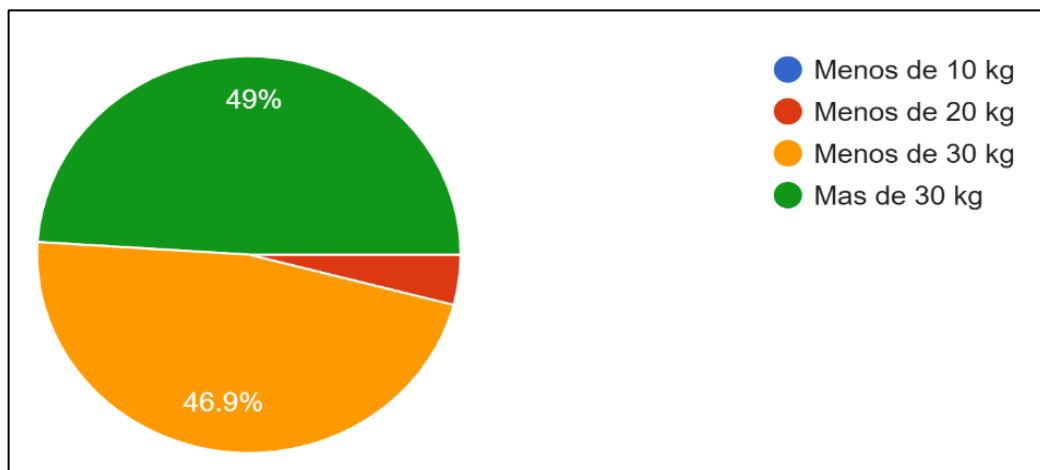
Porcentaje de Pérdida del Producto por Descomposición



Nota. En la figura el valor porcentual de las pérdidas de productos vendido por los comerciantes del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz.

Figura 10

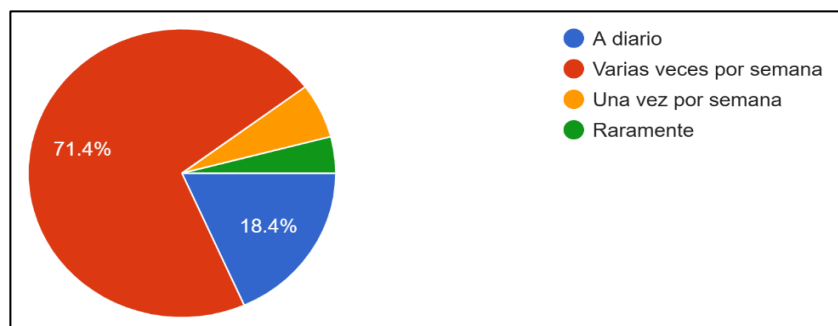
Cantidad de Producto Vendido Diariamente



Nota. En esta figura se observa la cantidad de producto vendido diariamente por los comerciantes del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz.

Figura 11

Frecuencia de Perdidas por Descomposición

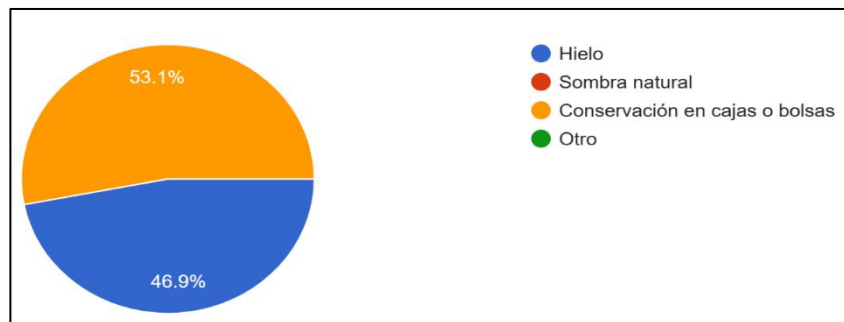


Nota. En la figura se aprecia el porcentaje de la frecuencia de descomposición de los productos perecederos vendidos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz.

También se le preguntó al comerciante en la forma en que almacenan sus productos para la venta diariamente, de sus respuestas obtuvimos que un 53.1% de los comerciantes de productos perecederos almacenan su producto en bolsas o cajas y un 46.9% utiliza hielo para que de esa manera se pueda evitar una rápida descomposición, los resultados obtenidos en la encuesta se observa en la siguiente figura.

Figura 12

Método Utilizado Actualmente para Conservar sus Productos



Nota. En la figura se observa el porcentaje del método utilizado para conservar productos.

Para calcular la masa que se va a almacenar en la cámara frigorífica se debe de tener en cuenta los resultados de la consulta realizada a los comerciantes del mercado de abastos de la Provincia de Santa Cruz y se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$MA = CVD * NC \left(\frac{\text{kg}}{\text{mes}} \right)$$

Donde:

MA: Masa de Almacenamiento Diariamente

CVD: Cantidad Vendida Diariamente

NC: Numero de Comerciantes

$$MA = 30 * 49$$

$$MA = 1470 \left(\frac{\text{kg}}{\text{dia}} \right)$$

Del resultado obtenido, se debe dimensionar una cámara con una capacidad de almacenamiento de 1500 kg/día.

Temperatura de Conservación: de acuerdo a las normas ASHRAE (2025), se debe considerar una temperatura de 4°C para instalaciones de conservación.

Temperatura de Entrada del Producto: se considera la temperatura ambiental máxima promedio de la provincia de Santa Cruz, ya que dependerá de la cosecha o transporte del producto y también de la exposición al sol o al medio ambiente.

Tiempo de Enfriamiento Deseado: para dicha propuesta se consideran 24 horas..

Tiempo de Operación Diaria: para nuestro diseño vamos a basarnos en las normas internacionales ASHRAE (2025), las cuales sugieren de 16 horas, con márgenes de seguridad para picos de la demanda térmica.

5.1.2. Dimensiones de la cámara frigorífica

Para realizar una buena propuesta del desarrollo de la unidad frigorífica se debe de tener en cuenta la capacidad de almacenamiento con relación a las necesidades de los comerciantes del mercado de abastos de la Provincia de Santa Cruz, para ello vamos a proponer las siguientes dimensiones como son: largo, ancho, altura, volumen y volumen útil.

Tabla 1

Dimensiones de la Cámara.

Dimensión	Medida
Largo (a)	3.76 m
Ancho (b)	2.40 m
Alto (c)	3.00 m

Nota. Elaboración propia.

Con los datos de la Tabla 1 calculamos el volumen de la cámara frigorífica para ello utilizamos la siguiente fórmula.

$$V = a * b * c$$

$$V = 3.76 * 2.40 * 3.00$$

$$\mathbf{V = 27.07\ m^3}$$

Calculamos el volumen de almacenamiento, que según las normas internacionales ASHRAE (2025), sugieren que debe ser de 30% del volumen total.

$$V_{al} = 0.30 * V$$

$$V_{al} = 0.30 * 27.07$$

$$V_{al} = 8.12 \text{ m}^3$$

5.1.3. Condiciones Ambientales

Condiciones Exteriores de la Cámara Frigorífica. En la siguiente tabla se indican los datos meteorológicos de la provincia de Santa Cruz, comprendido entre los años 2024 - 2025, dichos datos serán de suma importancia para la propuesta de diseño de la cámara frigorífica.

Tabla 2

Datos Meteorológicos de la Provincia de Santa Cruz

MES	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)
Enero	26.20	9.80	82.96
Febrero	26.40	9.60	82.19
Marzo	28.80	6.40	80.75
Abril	28.00	12.00	81.73
Mayo	26.60	10.60	81.31
Junio	26.00	8.60	80.45
Julio	26.20	6.60	81.39
Agosto	27.40	8.40	72.47
Septiembre	28.80	8.80	75.06
Octubre	27.60	7.20	82.54
Noviembre	27.80	3.40	78.21
Diciembre	27.40	7.00	84.83
Año 2024	Max 28.80	Min 3.40	Promedio 80.32
Enero	24.80	10.20	82.43
Febrero	24.80	13.60	86.46
Marzo	25.00	10.40	89.35
Abril	25.20	11.80	88.74
Año 2025	Max 25.20	Min 10.20	Promedio 86.75

Nota. Elaboración propia. Datos obtenidos: ENAMHI / DRD

De la Tabla 2 se aprecia que la temperatura máxima se dio en marzo del 2024, fue de 28.80°C y la temperatura mínima fue de 3.40°C, para el mes de noviembre del 2024, la humedad relativa promedio fue de 80.32% para el año 2024 y 86.75% para el año 2025.

Cálculo de la Presión de Saturación de Vapor de Agua. Para realizar dicho cálculo se utiliza la temperatura exterior de los datos climatológicos de la provincia de Santa Cruz expresados en la Tabla 2 y también hacemos uso de la siguiente ecuación.

$$P_{\text{sat}} = 0.0061 * 10^{\frac{7.5 * T_{\text{ex}}}{273 + T_{\text{ex}}}} \text{ bar}$$

$$P_{\text{sat}} = 0.0061 * 10^{\frac{7.5 * 28.8}{273 + 28.8}} \text{ bar}$$

$$P_{\text{sat}} = 0.0317 \text{ bar}$$

Cálculo de la Humedad Absoluta del Aire Exterior. Para el cálculo de la humedad absoluta usamos los datos obtenidos en la Tabla 2, y también hacemos uso de la siguiente ecuación.

$$H_e = 0.625 * \frac{H_r * P_{\text{sat}}}{1.013 - H_r * P_{\text{sat}}} \text{ kg/kg}_{\text{aire seco}}$$

$$H_e = 0.625 * \frac{86.75\% * 0.0317}{1.013 - 86.75\% * 0.0317} \text{ kg/kg}_{\text{aire seco}}$$

$$H_e = 0.0171 \text{ kg/kg}_{\text{aire seco}}$$

Cálculo de la Entalpia al Exterior de la Cámara. Para el cálculo de la entalpia exterior vamos hacer uso de la siguiente ecuación.

$$h_{\text{ext}} = t_{\text{ext}} + H_e * (2501 + 1.82 * t_{\text{ext}}) \text{ kJ/kg}_{\text{aire seco}}$$

$$h_{\text{ext}} = 28.8 + 0.0171 * (2501 + 1.82 * 28.8) \text{ kJ/kg}_{\text{aire seco}}$$

$$h_{\text{ext}} = 72.46 \text{ kJ/kg}_{\text{aire seco}}$$

Condiciones Interiores de la Cámara Frigorífica. Los productos son trasladados generalmente en camiones al mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, por tal razón los productos son expuestos directamente a temperaturas o condiciones ambientales, en tal sentido se considera a la temperatura máxima obtenida en la Tabla 2.

En la siguiente tabla se mostrará los parámetros que se considerarán para los cálculos correspondientes en el ambiente interno del recinto industrial.

Tabla 3

Condiciones Interiores de la Cámara

Temperatura de Almacenamiento (°C)	Humedad Relativa (%)	Calor Especifico kJ/kg*°C	Densidad de Carga (kg/m3)	Temperatura de Entrada del Producto (°C)
4	90	3.6	200	28.8

Nota. Elaboración propia: datos obtenidos de: (ASHRAE, 2025)

Cálculo de la Presión de Saturación de Vapor de Agua. Para calcular la presión de saturación debemos tener la temperatura de almacenamiento el cual está especificada en la Tabla 3 y también utilizamos la siguiente ecuación.

$$P_{\text{sat}} = 0,0061 * 10^{\frac{7,5 * t_{\text{alm.}}}{273 + t_{\text{alm.}}}} \text{ bar}$$

$$P_{\text{sat}} = 0.0061 * 10^{\frac{7.5 * 4}{273 + 4}} \text{ bar}$$

$$P_{\text{sat}} = 0.007828 \text{ bar}$$

Cálculo de la Humedad Absoluta del Aire Interior. Para el cálculo de la humedad absoluta vamos a utilizar los parámetros de la Tabla 3 y también la siguiente ecuación.

$$H_e = 0.625 * \frac{H_r * P_{\text{sat}}}{1.013 - H_r * P_{\text{sat}}} \text{ kg/kg}_{\text{aire seco}}$$

$$H_e = 0.625 * \frac{90\% * 0.007828}{1.013 - 90\% * 0.007828} \text{ kg/kg}_{\text{aire seco}}$$

$$H_e = 0.0043 \text{ kg/kg}_{\text{aire seco}}$$

Cálculo de la Entalpía al Interior de la Cámara. Para el cálculo de la entalpía interior se usa la siguiente ecuación cuyos parámetros son, la temperatura de almacenamiento y la humedad absoluta del aire.

$$h_{\text{int}} = t_{\text{alm}} + H_e * \frac{(2501 + 1.82 * t_{\text{alm}}) \text{ kJ}}{\text{kg}_{\text{aire seco}}}$$

Donde:

h_{int} : Entalpía Interior

t_{alm} : Temperatura de Almacenamiento

$$h_{\text{int}} = 4 + 0.0043 * (2501 + 1.82 * 4) \text{ kJ/kg}_{\text{aire seco}}$$

$$h_{\text{int}} = 14.786 \text{ kJ/kg}_{\text{aire seco}}$$

5.1.4. Aislamiento Térmico

Selección del Aislante. El aislante que se usará en la instalación de la cámara tanto en paredes como techo será, panel tipo Sándwich relleno de poliuretano expandido (PUR), el cual se compone de dos chapas de acero inoxidable de espesor variable entre las cuales se encuentra adherida un recubrimiento de aislamiento térmico.

Características del Aislante. Según ASHRAE (2025), establece que el aislante térmico debe ser: “Ligero, prefabricado y modular, altamente personalizable, costos de construcción bajos, gran aislante térmico, tiene una gran impermeabilidad, gran resistencia al fuego, gran aislante acústico, baja conductividad térmica”.

Selección del Espesor del Aislante. Al tratarse de una cámara frigorífica con una temperatura de almacenamiento próxima a los 0 °C el aislante que se utiliza tanto en paredes como en techo es de 100 mm de espesor, para ello vamos a tener en cuenta la siguiente tabla.

Esto debido a que la zona presenta un clima templado a cálido durante el día, el uso de paneles PUR de espesor 100 mm con acabado metálico galvanizado sería muy adecuado para asegurar.

- Alta eficiencia térmica.
- Protección ante la humedad.
- Durabilidad frente a las condiciones ambientales.

Tabla 4

Espesores Utilizados en Cámaras Frigoríficas

Tipo	Temperatura (°C)	Espesor (mm)
Cámara o Cuarto Frio	12	60
Cámara de Conservación	0	100
Cámara de Congelación	-20	150
Túneles de Congelación	-30	200

Nota. Elaboración Propia. Datos obtenidos de: (ASHRAE, 2025)

Puerta de la Cámara Frigorífica. Para una instalación refrigerada se debe de cumplir ciertos requisitos como características constructivas y mecánicas debido a que se someten muy frecuente a ser usadas como pivotantes, correderas, guillotina y basculantes.

La puerta que se usará en dicha instalación será de tipo corredera, de fácil instalación y materiales de calidad, con dimensiones de 1.20 m de ancho, 2.40 m de alto y 100 mm de espesor, aislada con poliuretano de alta densidad (50 kg/m³), como se muestra en la siguiente figura.

Figura 13

Puerta de la Cámara Frigorífica



Nota. En la figura apreciamos un modelo de puerta utilizado en cámaras frigoríficas: Adaptado de (Infranca, 2025).

5.1.5. Cálculo de las cargas Térmicas de la Cámara

Calor por Transmisión de Paredes y Puerta. Se calculará el área de todas las paredes, debido a que tienen el mismo espesor y aislante, los aspectos técnicos del sistema refrigerado se muestran en la Tabla 1.

Área de la Puerta.

$$A_1 = (1.00 * 2.00)m^2$$

$$\mathbf{A_1 = (2.00)m^2}$$

Área de Paredes.

$$A_2 = (2 * 2.40 * 3 + 2 * 3.76 * 3)m^2 - A_1$$

$$A_2 = (36.96 - 2,00) m^2$$

$$\mathbf{A_2 = (34.96) m^2}$$

Después de obtener el área de la Puerta y Paredes calculamos el flujo de calor utilizando las siguientes ecuaciones:

$$Q_{pared} = q * 3.6 * 24 \text{ kJ/dia}$$

A la siguiente ecuación se le conoce como la ley de enfriamiento de Newton.

$$q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{h_e * s} + \frac{e_1}{k_1 * s} + \frac{e_2}{k_2 * s} + \dots \frac{e_n}{k_n * s} + \frac{1}{h_i * s}}$$

Donde:

he y hi: Son los coeficientes de convección, se obtienen de la Anexo N°3.

K: Es la conductividad térmica de los materiales cuyo valor se obtienen de la Anexo N°3.

$$h_e = (4 * 5.678286) \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_e = (22.71) \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_i = (1.65 * 5.678286) \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_i = (9.37) \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$K = (0.17 * 0.1442285) \text{ W/mK}$$

$$K = (0.0245) \text{ W/mK}$$

Reemplazamos los valore en las ecuaciones anteriores.

$$q = \frac{(t_{\text{ext}} - t_{\text{alm}})}{\frac{1}{h_e * s} + \frac{e_1}{k_1 * s} + \frac{e_2}{k_2 * s} + \dots \frac{e_n}{k_n * s} + \frac{1}{h_i * s}}$$

$$q = \frac{(28 - 4)}{\frac{1}{22.71 * 34.96} + \frac{100}{0.0245 * 34.96 * 1000} + \frac{1}{9.37 * 34.96}}$$

$$\mathbf{q = 267.50}$$

$$Q_{\text{pared}} = 267.50 * 3.6 * 24 \text{ kJ/dia}$$

$$\mathbf{Q_{pared} = 23112.00 \text{ kJ/dia}}$$

Calculamos el calor transmitido por la puerta.

$$q = \frac{(28 - 4)}{\frac{1}{22.71 * 2.00} + \frac{100}{0.0245 * 2.00 * 1000} + \frac{1}{9.37 * 2.00}}$$

$$q = 29.09$$

$$Q_{\text{puerta}} = 29.09 * 3.6 * 24 \text{ kJ/dia}$$

$$Q_{\text{puerta}} = 2513.38 \text{ kJ/día}$$

Calor por Transmisión de Techo. Calculamos el área del techo para ello usamos los parámetros de la cámara frigorífica obtenidos de la Tabla 1.

Área del techo.

$$A_3 = (2.40 * 3.76) \text{ m}^2$$

$$A_3 = (9.024) \text{ m}^2$$

Calculamos el calor transmitido por el techo.

$$q = \frac{(28 - 4)}{\frac{1}{22.71 * 9.024} + \frac{100}{0.0245 * 9.024 * 1000} + \frac{1}{9.37 * 9.024}}$$

$$q = 68.81$$

$$Q_{\text{techo}} = 68.81 * 3.6 * 24 \text{ kJ/dia}$$

$$Q_{\text{techo}} = 5945.18 \text{ kJ/dia}$$

Calor por Transmisión de Suelo. Calculamos la temperatura del suelo usando la siguiente ecuación.

$$t_{\text{suelo}} = \left(\frac{t_{\text{ext}} + 15}{2} \right) ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{suelo}} = \left(\frac{28.8 + 15}{2} \right) ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{suelo}} = (21.5)$$

Calculamos el área del suelo.

$$A_4 = (2.40 * 3.76) \text{ m}^2$$

$$A_4 = (9.024) \text{ m}^2$$

Calculamos el calor transmitido por el suelo, para ello hacemos uso de las siguientes ecuaciones anteriores.

$$q = \frac{(t_{\text{suelo}} - t_{\text{alm}})}{\frac{1}{h_e * s} + \frac{e_1}{k_1 * s} + \frac{e_2}{k_2 * s} + \dots \frac{e_n}{k_n * s} + \frac{1}{h_i * s}}$$

K: la conductividad del concreto armado, cuyo valor se obtiene de la Anexo N°3.

$$K = (0.17 * 0.1442285) \text{ W/mK}$$

$$K = (0.0245) \text{ W/mK}$$

$$\frac{1}{h_i * s} = 0, \text{ debido a que en el piso no hay corriente de aire.}$$

$$q = \frac{(21.5 - 4)}{\frac{1}{22.71 * 9.024} + \frac{100}{0.0245 * 9.024 * 1000} + 0}$$

$$\mathbf{q = 60.52}$$

$$Q_{\text{suelo}} = 60.52 * 3.6 * 24 \text{ kJ/dia}$$

$$\mathbf{Q_{\text{suelo}} = 5228.93 \text{ kJ/dia}}$$

Cálculo Total del Calor Transmitido por Paredes, Techo, Suelo y Puerta. Es la suma de los resultados calculados anteriormente.

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{pared}} + Q_{\text{puerta}} + Q_{\text{techo}} + Q_{\text{suelo}}$$

$$Q_{\text{Total}} = 23112.00 + 2513.38 + 5945.18 + 5228.93 \text{ kJ/dia}$$

$$Q_{\text{Total}} = 36799.49 \text{ kJ/dia}$$

Cálculo del Calor Debido a la Entrada del Producto. Para el cálculo de dicha ganancia de calor vamos a utilizar la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{prod}} = m_{\text{entrada}} * C_f * (t_{\text{ent}} - t_{\text{alm}})$$

Calculamos la masa del producto renovado, del resultado del cuestionario efectuado a los comerciantes del mercado de abastos de la Provincia de Santa Cruz, se obtuvo que las ventas diarias realizadas son de un aproximado de 1470 kg, para efectos de cálculo se considera 1500 kg como masa renovada diariamente.

$$m_{\text{producto}} = 1500 \text{ kg}$$

Por último, calculamos la masa de entrada por producto renovado.

$$m_{\text{entrada}} = m_{\text{producto}}$$

$$m_{\text{entrada}} = 1500$$

$$m_{\text{entrada}} = 1500 \text{ kg/dia}$$

Con los resultados obtenidos remplazamos en la ecuación anterior.

$$Q_{\text{producto}} = 200 * C_f * (t_{\text{ent}} - t_{\text{alm}})$$

C_f: De la Tabla 3 obtenemos el valor del calor específico de los productos perecederos y la temperatura de entrada la obtenemos de la Tabla 3.

$$C_f = 3.60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{producto}} = 1500 * 3.60 * (28.8 - 4)$$

$$Q_{\text{producto}} = 133920.00 \text{ kJ/dia}$$

Cálculo del Calor Debido a la Renovación de Aire. El incremento de temperatura asociado al aire renovado es debido a la apertura de la puerta de la cámara y se calcula usando la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{renovacion}} = n_{\text{renovacion}} * \frac{V_{\text{interior}}}{0.83} * (h_{\text{ext}} - h_{\text{int}})$$

Calculamos el número de renovaciones diarias usando la siguiente ecuación.

$$n_{\text{renovacion}} = 86.1 * V_{\text{interior}}^{-0.55}$$

$$n_{\text{renovacion}} = 86.1 * 27.07^{-0.55}$$

$$n_{\text{renovacion}} = 14$$

Reemplazamos en la ecuación anterior.

$$Q_{\text{renovacion}} = 14 * \frac{27.07}{0.83} * (72.460 - 14.786)$$

$$Q_{\text{renovacion}} = 26334.09 \text{ kJ/dia}$$

Cálculo del Calor por Cargas Internas. El calor por cargas internas es debido a varios factores, los cuales se calculan a continuación.

Calor por Iluminación. Para dicho calculo usaremos la siguiente ecuación.

$$P_{\text{iluminacion}} = E * S_3$$

Para el cálculo de la potencia de iluminación se considerará una Irradiancia (E) de 10 W/m² y la superficie a considerar será la del techo de la cámara frigorífica.

$$P_{iluminacion} = E * S_3$$

$$P_{iluminacion} = 10 * 9.024$$

$$P_{iluminacion} = 90.24W$$

Reemplazamos los resultados en la siguiente ecuación.

$$Q_{iluminacion} = P_{iluminacion} * n_{trabajadores} * 3.6 \text{ kJ/dia}$$

$n_{trabajadores}$: Se considera **2 (horas/día)** de trabajo del personal.

$$Q_{iluminacion} = 90.24 * 2 * 3.6$$

$$Q_{iluminacion} = 649.73 \text{ kJ/dia}$$

Calor por Personas Trabajando. Para realizar el cálculo del calor debido a las personas trabajando vamos a hacer uso de la siguiente tabla.

Tabla 5

Equivalentes de Calor por Personas Dentro del Espacio Refrigerado

Temperatura Enfriador (F)	Calor Equivalente/Persona (Btu/h)
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

Nota. Datos extraídos de: (ASHRAE, 2025).

Para el cálculo de dicha ganancia de calor vamos a utilizar la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{persona}} = P_{\text{persona}} * n_p * n_t * 3.6 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{día}} \right)$$

Debido a que la instalación industrial trabajara a una temperatura de 4 °C o a un aproximado de 40 F, la potencia por persona la obtenemos de la Tabla 5.

$$P_{\text{persona}} = 840 * 0.293067$$

$$\mathbf{P_{\text{persona}} = 246.18 \text{ W}}$$

n_p : El número de personas que se ha considerado es **2**.

n_t : El número de horas que deben trabajar las personas por día es de **2 horas/día**.

Dichos valores reemplazamos en la ecuación anterior.

$$Q_{\text{persona}} = 246.18 * 2 * 2 * 3.6 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{día}} \right)$$

$$\mathbf{Q_{\text{persona}} = 3544.99 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{día}} \right)}$$

Calor por Desescarches. Para calcular la ganancia de calor por desescarches es fundamental el tiempo de trabajo, generalmente es de 4 horas diarias, en consecuencia, se considera 3.5 horas por 0.5 de descongelación (21 horas de trabajo por 3 de descongelación), también se considerará el 2,5% de la potencia de la cámara, para efectuar el cálculo vamos a utilizar las siguientes ecuaciones.

$$P_{\text{desescarche}} = 0.025 * P_{\text{camara}} (\text{W})$$

Calculamos la potencia de la cámara con los datos anteriormente calculados, para ello usamos la ecuación.

$$P_{\text{Frigorifica}} = \frac{Q_{\text{Total}}}{n_c * 3.6} \text{ (W)}$$

n_c : Es el número de horas de trabajo del compresor, el cual se ha considerado **21 horas/día**.

Q_{Total} : Es la suma de los calores anteriormente ya calculados.

$$Q_{\text{Total}} = 201248.30 \text{ kJ/día}$$

$$P_{\text{Frigorifica}} = \frac{201248.30}{21 * 3,6} \text{ (W)}$$

$$P_{\text{Frigorifica}} = \mathbf{2662.01 \text{ (W)}}$$

Calculamos la potencia de desescarche.

$$P_{\text{desescarche}} = 0.025 * 2662.01 \text{ (W)}$$

$$P_{\text{desescarche}} = \mathbf{66.55 \text{ (W)}}$$

Por último, calculamos el calor por desescarche.

$$Q_{\text{desescarche}} = P_{\text{desescarche}} * d_{\text{dia}} * t_{\text{des}} * 0.06 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{dia}} \right)$$

d_{dia} : Numero de desescarches diarios que se ha considerado **6**.

t_{des} : Tiempo de duración de los desecarches **30 min**.

$$Q_{\text{desescarche}} = 66.554 * 6 * 30 * 0.06 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{dia}} \right)$$

$$Q_{\text{desescarche}} = \mathbf{718.74 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{dia}} \right)}$$

Calor por Ventilación. Para calcular el calor por ventilación, se considera un 10% de la potencia de la cámara, se hace uso de la ecuación.

$$P_{\text{ventilacion}} = 0.1 * P_{\text{camara}} \text{ (W)}$$

$$P_{\text{ventilacion}} = 0.1 * 2662.01 \text{ (W)}$$

$$\mathbf{P_{ventilacion} = 266.20 \text{ (W)}}$$

Cuyo valor se reemplaza en la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{ventilacion}} = 266.20 * 21 * 3.6 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{dia}} \right)$$

$$\mathbf{Q_{ventilacion} = 20124.72 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{dia}} \right)}$$

Cálculo de la Carga Térmica Total de la Cámara. Para obtener la carga térmica total sumamos todos los valores obtenidos en los ítems anteriores.

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{total}} + Q_{\text{Prod}} + Q_{\text{Ren}} + Q_{\text{Illum}} + Q_{\text{Ven}} + Q_{\text{Des}} + Q_{\text{Per}} \text{ (kJ/dia)}$$

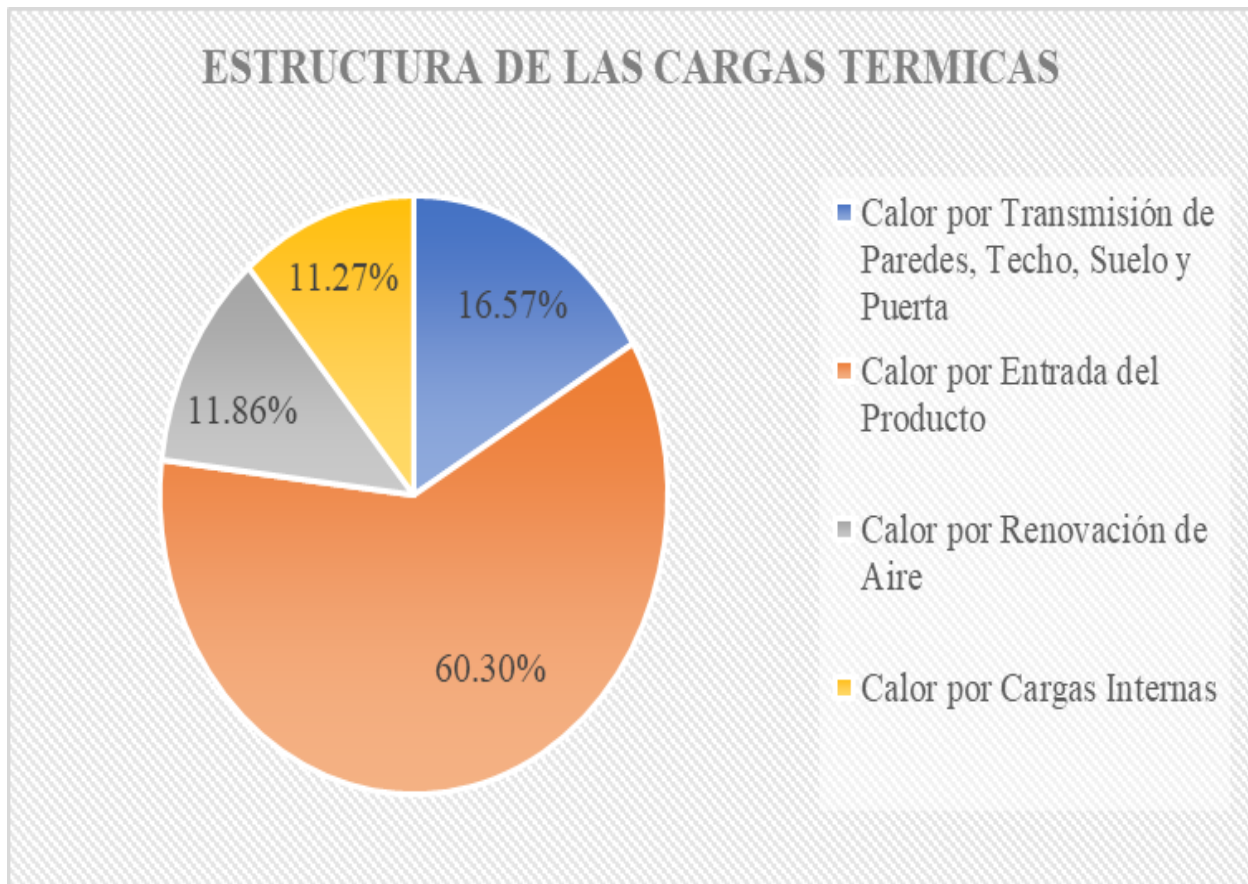
$$Q_{\text{TOTAL}} = 36799.49 + 133920.00 + 26334.09 + 649.73 + 20124.72 + 718.74 \\ + 3544.99 \text{ (kJ/dia)}$$

$$\mathbf{Q_{TOTAL} = 222091.76 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{dia}} \right)}$$

A partir del análisis detallado de las distintas fuentes de ganancia de calor, se determinó que la carga térmica total de la cámara frigorífica es de **222091.76 kJ/día**, valor que sirve como base para el dimensionamiento y selección de los equipos del sistema de refrigeración, así como se muestra en la siguiente figura.

Figura 14

Estructura de las Cargas Térmicas



Nota. En la figura se puede apreciar la distribución de las cargas frigoríficas, datos necesarios para la estimación y elección de los equipos de enfriamiento.

5.1.6. Cálculo de los Sistemas de Refrigeración

Selección del Refrigerante. Para nuestra propuesta se ha optado por un refrigerante R134a, por sus buenas propiedades termodinámicas, su baja toxicidad y excelente estabilidad química.

Cálculo de la Potencia Frigorífica. Para el cálculo de la potencia frigorífica vamos hacer uso de la siguiente ecuación.

$$P_{\text{Frigorifica}} = \frac{Q_{\text{Total}}}{n_c * 3.6} \text{ (W)}$$

$$P_{\text{Frigorifica}} = \frac{222091.76}{21 * 3.6} \text{ (W)}$$

$$\mathbf{P_{Frigorifica} = 2937.72 \text{ (W)}}$$

Ahora calculamos la potencia del equipo frigorífico, para ello vamos a considerar un factor de seguridad.

Según ASHRAE (2025) sugiere que: “El factor de seguridad a usar depende de la confiabilidad de la información usada para el cálculo de las cargas térmicas, en general se usa de un 10% a 20%”, teniendo en cuenta el factor de seguridad para el cálculo del equipo frigorífico vamos hacer uso de la siguiente ecuación.

$$P_{\text{equipof}} = f_s * P_{\text{Frig}} \text{ (W)}$$

Donde:

f_s : Factor de seguridad

$$f_s = 1.20$$

$$P_{\text{equipof}} = 1.20 * 2937.72 \text{ (W)}$$

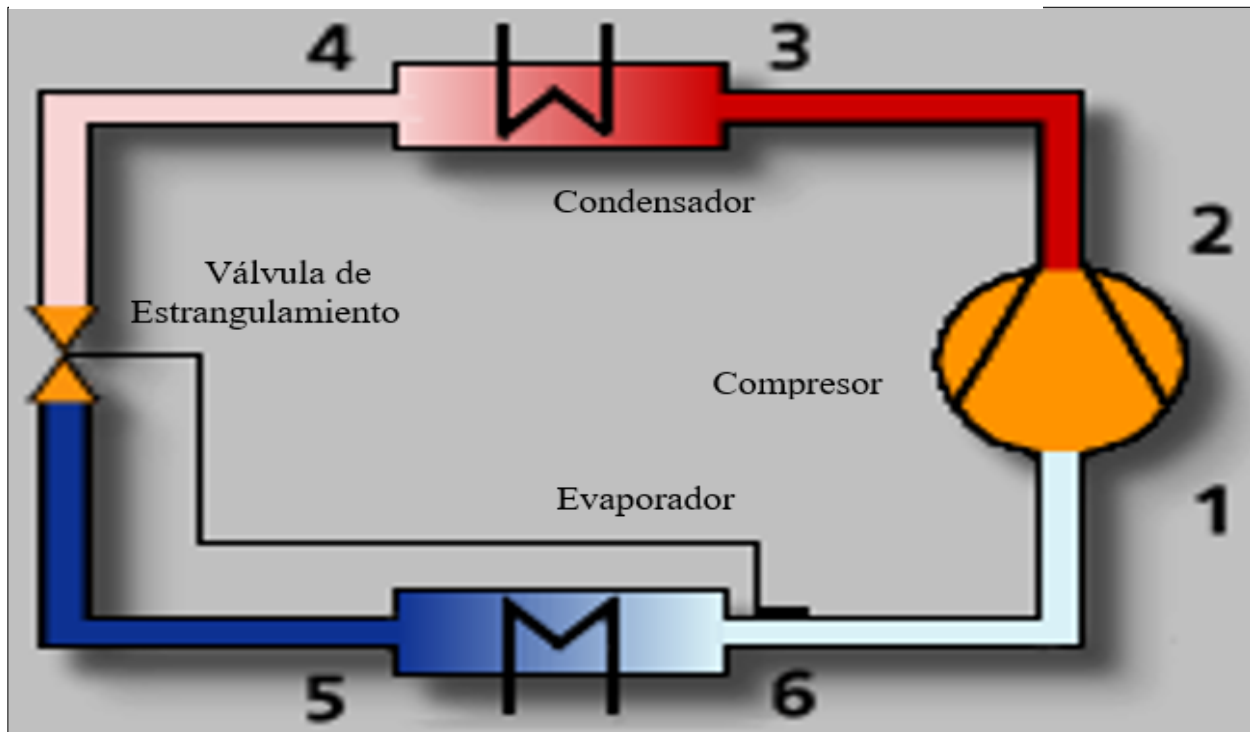
$$P_{\text{equipof}} = 3525.26 \text{ (W)}$$

$$\mathbf{P_{equipof} \cong 4.00 \text{ (kW)}}$$

Cálculo de los Equipos Frigoríficos. Con los resultados obtenidos en los ítems anteriores se procederá a calcular los equipos y componentes del recinto industrial, en la siguiente figura se muestra el ciclo de refrigeración simple con sus respectivos componentes los cuales son Compresor, Condensador, Válvula de Expansión y el Evaporador.

Figura 15

Esquema del Ciclo Frigorífico



Nota. En la figura se aprecia el principal esquema del ciclo de refrigeración: Elaboración Propia Mediante el Programa SOLKANE.

Cálculo del Evaporador. Para realizar el cálculo del Evaporador se debe de tener en cuenta varios parámetros entre estos la humedad relativa el cual estaría en un rango del 90-86% dicho valor será de mucha utilidad para seleccionar la diferencia de temperatura DT , también se debe de considerar el recalentamiento útil necesario cuyos valores se toman generalmente de 5°C a 7°C , en la siguiente tabla se muestran algunos parámetros que se utilizaran para el cálculo del Evaporador.

Tabla 6

Diseño del Evaporador con una Diferencia de Temperatura DT

Humedad Relativa (%)	Convección Natural	Convección Forzada
95-91	12 a 14	8 a 10
90-86	14 a 16	10 a 12
85-81	16 a 18	12 a 14
80-76	18 a 20	14 a 16
75-70	20 a 22	16 a 18

Nota. Elaboración propia, datos obtenidos de: (ASHRAE, 2025).

Según la Tabla 6, para una humedad relativa del 91-95 % y por convección forzada escogemos un DT de:

$$DT=12 \text{ F}$$

Ahora calculamos la temperatura de evaporación para ello usamos la siguiente ecuación.

$$t_{\text{evaporador}} = t_{\text{alm}} - DT$$

Donde:

t_{evaporador}: Temperatura del Evaporador

t_{evaporador}: Temperatura de almacenamiento

DT: Diferencia de temperatura

$$t_{\text{evapordor}} = 39.2 - 12$$

$$t_{\text{evaporador}} = 27.2 \text{ F}$$

$$t_{\text{evaporador}} = -3 \text{ °C}$$

Se ha considerado un recalentamiento útil de:

$$\Delta t_{\text{Recalentamiento Util}} = 5^{\circ}\text{C}$$

Calculamos la presión de evaporación, cuyo valor se obtiene del siguiente Anexo N°7 (ver Anexo N°7).

$$p_{\text{evaporador}} = p_1$$

$$p_{\text{evaporador}} = 262.4 \text{ kPa}$$

Con el resultado obtenido calculamos la potencia del evaporador.

$$P_{\text{evaporador}} = P_{\text{equipof}}$$

$$\mathbf{P_{\text{evaporador}} \cong 4.00 \text{ (kW)}}$$

Calculamos el calor intercambiado en el evaporador, para ello necesitamos el valor de las entalpías en los puntos 6 y 7 del Anexo N°18 (ver Anexo N°18), dichos valores la obtenemos del Anexo N°7 (ver Anexo N°7).

$$q_{\text{IntercambioEvaporador}} = h_7 - h_6$$

$$q_{\text{IntercambioEvaporador}} = 249.30 - 95.00$$

$$q_{\text{IntercambioEvaporador}} = 154.30 \text{ kJ/kg}$$

Finalmente calculamos el caudal másico del refrigerante.

$$m_{\text{refrigerante}} = \frac{P_{\text{equipof}}}{q_{\text{IntercambioEvaporador}}}$$

$$m_{\text{refrigerante}} = \frac{4.00}{154.30}$$

$$m_{\text{refrigerante}} = 0.0259 \text{ kg/s}$$

$$m_{\text{refrigerante}} = 93.24 \text{ kg/h}$$

Cuyo valor concuerda con los resultados obtenidos en el Anexo N°18 (ver Anexo N°18).

Cálculo del Condensador. Calculamos la temperatura a la entrada del condensador, usamos la siguiente ecuación.

$$t_{\text{condensacion}} = t_{\text{ext}} + \Delta t_c$$

Donde:

$t_{\text{condensacion}}$: Temperatura de Condensación

t_{ext} : Temperatura Exterior

Δt_c : Salto térmico en el condensador, para ello se considera un clima con una temperatura alta

La temperatura exterior la obtenemos de la Tabla 2 cuyo valor es el siguiente:

$$t_{\text{ext}} = 28.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

El salto térmico en condensador generalmente se toma en un rango de temperaturas de 10°C a 15°C.

$$t_{\text{ext}} = 28.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_c = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{condensacion}} = 28.8 + 15$$

$$t_{\text{condensacion}} = 43.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Se va a considerar un Subenfriamiento de:

$$\Delta t_{\text{subenfriamiento}} = 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Calculamos la Presión de condensación, datos que se obtiene del Anexo N°7 (ver Anexo N°7).

$$P_{\text{condensacion}} = p$$

$$P_{\text{condensacion}} = 1101.1 \text{ kPa}$$

Calculamos el calor intercambiado en el condensador, para ello necesitamos el valor de las entalpías en los puntos 3 y 4 del Anexo N°18 (ver Anexo N°18), dichos valores la obtenemos del Anexo N°7 (ver Anexo N°7).

$$q_{\text{condensador}} = h_3 - h_4$$

$$q_{\text{condensador}} = 301.00 - 95.00$$

$$q_{\text{condensador}} = 206.00 \text{ kJ/kg}$$

Finalmente calculamos la potencia del condensador.

$$P_{\text{condensador}} = q_{\text{condensador}} * m_{\text{refrigerante}}$$

$$P_{\text{condensador}} = 206.00 * 0.0259$$

$$P_{\text{condensador}} = 5.34 \text{ kW}$$

Cuyo valor concuerda con los resultados obtenidos en el Anexo N°18 (ver Anexo N°18).

Cálculo del Compresor. Primeramente, calculamos la relación de compresión, para ello usamos la siguiente ecuación.

$$R_c = \frac{P_{\text{condensacion}}}{P_{\text{evaporador}}}$$

Donde:

P_{evaporador}: Presión de evaporador

P_{condensacion}: Presión de condensación

R_c: Relación de Compresión

$$R_c = \frac{1101.1 \text{ kPa}}{262.4 \text{ kPa}}$$

$$\mathbf{R_c = 4.20}$$

Calculamos el rendimiento volumétrico, usando la siguiente ecuación.

$$n_v = 1 - 5\% * R_c$$

Donde:

n_v: Rendimiento volumétrico

R_c: Relación de Compresión

$$n_v = 1 - 5\% * 4.20$$

$$\mathbf{n_v = 0.79}$$

Calculamos el volumen aspirado haciendo uso de la siguiente ecuación.

$$V_{as} = m_{re} / \rho_1$$

Donde:

V_{as}: Volumen Aspirado

ρ_1 : Densidad

V_{as} : Volumen Aspirado

La densidad la obtenemos del Anexo N°7 (ver Anexo N°7).

$$\rho_1 = 11.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{as} = 93.24/11.9$$

$$V_{as} = 7.84 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Calculamos el volumen de barrido, para ello usamos la siguiente ecuación.

$$V_{ba} = \frac{V_{as}}{n_v}$$

$$V_{ba} = \frac{7.84}{0.79}$$

$$V_{ba} = 9.92 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Calculamos la potencia del compresor.

$$W_{\text{real}} = m_{\text{refrigerante}} * (h_2 - h_1)$$

Las entalpías la obtenemos del Anexo N°7 (ver Anexo N°7).

$$W_{\text{real}} = 0.0259 * (300.8 - 258.4)$$

$$W_{\text{real}} = 1.098 \text{ kW}$$

Calculamos la potencia mecánica de accionamiento del compresor.

$$P_{\text{mecanica}} = \frac{W_{\text{real}}}{n_{\text{mecanica}}}$$

n_m : para la eficiencia mecánica se va a considerar un **90 %**.

$$P_{\text{mecanica}} = \frac{1.098}{0.90}$$

$$\mathbf{P_{mecanica} = 1.22 \text{ kW}}$$

Con los datos obtenidos calculamos la potencia del motor eléctrico.

$$P_{\text{electrica}} = \frac{P_{\text{mecanica}}}{n_{\text{motor}}}$$

n_{motor} : para la eficiencia del motor eléctrico se va a considerar un **95 %**.

$$P_{\text{electrica}} = \frac{1.22}{0.95}$$

$$\mathbf{P_{electrica} = 1.28 \text{ kW}}$$

Por último, calculamos el coeficiente de desempeño.

$$\text{COP} = \frac{P_{\text{evaporador}}}{P_{\text{electrica}}}$$

$$\text{COP} = \frac{4.00}{1.28}$$

$$\mathbf{COP = 3.13}$$

En la siguiente tabla se detalla los valores mínimos obtenidos para poner en funcionamiento la cámara frigorífica, con dichos valores se procederá a la selección de los equipos y componentes de la cámara frigorífica.

Tabla 7*Resumen de los Resultados Obtenidos*

Ítem	Valor Obtenido
Potencia Frigorífica (kW)	4.00
Potencia del Condensador (kW)	5.34
Potencia del Compresor (kW)	1.22
Potencia Eléctrica (kW)	1.28
Potencia de Iluminación (kW)	0.09
Caudal Másico del Refrigerante (kg/h)	93.24
Temperatura del Recinto (°C)	4.00
Temperatura de Evaporación (°C)	-3.00
Temperatura de Condensación (°C)	43.00
Subenfriamiento (K)	3.00
Recalentamiento Útil (K)	5.00
Recalentamiento Ambiental (°C)	15.00
Numero de Desescarches	6.00
Tiempo de Duración de los Desecarches (h)	0.50
Temperatura Exterior (°C)	28.80
COP	3.13
Refrigerante	R134a

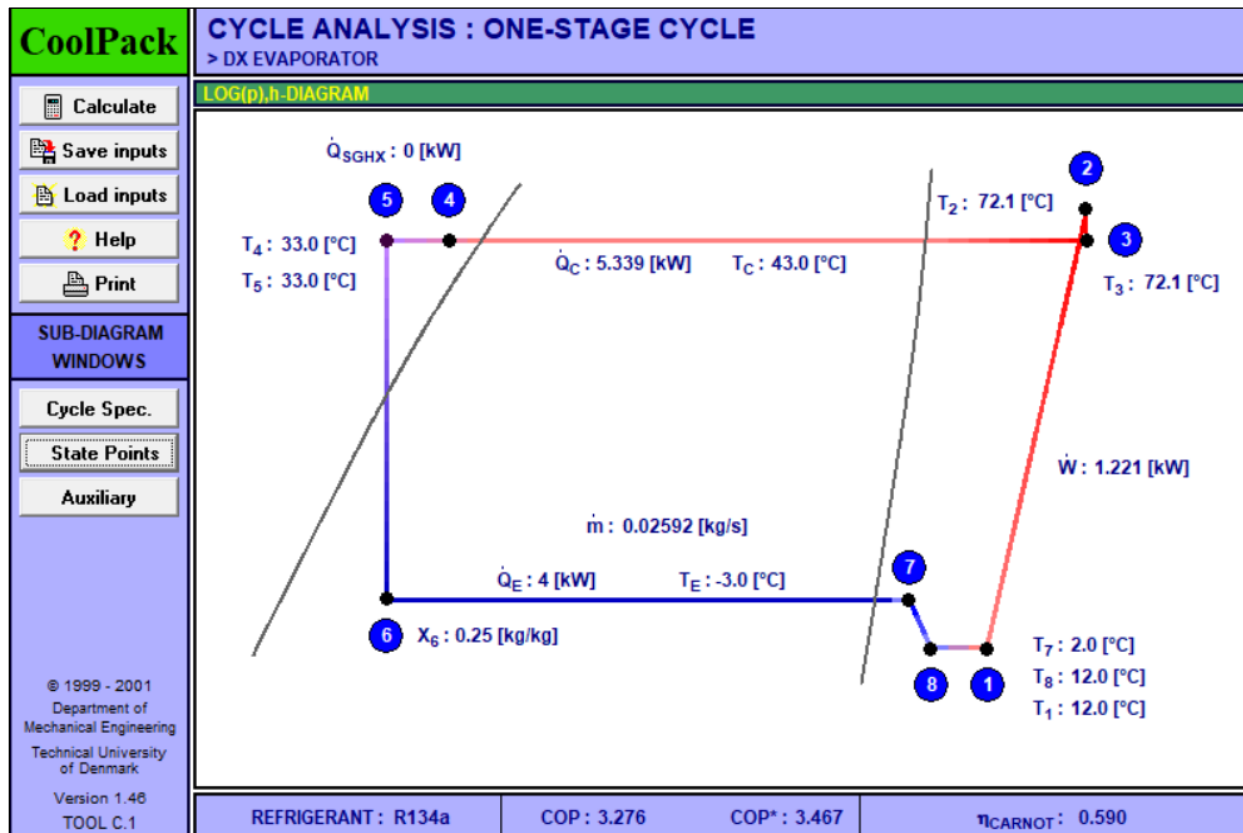
Nota. Elaboración propia.

Simulación Computacional. Con los datos obtenidos en la Tabla 7, y mediante el programa computacional CoolPack se obtuvieron los siguientes resultados:

Potencia del evaporador 4 kW, potencia del compresor 1.22 kW, potencia del condensador 5.34 kW, un flujo másico de 0.0259 kg/s y un COP de 3.28 cuyos resultados son similares con los obtenidos en la Tabla 7 y que a continuación se muestra en la siguiente figura.

Figura 16

Análisis Computacional de la Cámara Frigorífica



Nota. En la figura se observa el ciclo de análisis simple realizado mediante análisis computacional en el Programa CoolPack.

5.2. Selección de los Equipos Frigoríficos

5.2.1. Selección de la Unidad Evaporadora

Con los datos obtenidos de la Tabla 7 y a través del software de selección del fabricante **Frimetal KSelect** seleccionamos el evaporador de expansión directa Modelo **FRM-270** y un refrigerante **R134A/R404A/R507A** datos mostrados en la ficha técnica (ver Anexo N°8), el cual es más apto para nuestro proyecto.

La capacidad del modelo es de 4.10 kW, el cual es apropiado para nuestro sistema cuyo requerimiento es de 4.00 kW, está equipado de un ventilador eléctrico con una velocidad 1350 rpm y una alimentación de 220V/60Hz, cuyos detalles se muestran en la ficha técnica Anexo N°8 (ver Anexo N°8).

5.2.2. Selección de la Unidad Condensadora

Con los resultados obtenidos en la Tabla 7 y mediante el programa de selección Coolselector2 del fabricante Danfoss el cual nos facilita seleccionar de manera rápida y precisa la unidad condensadora de expansión directa Modelo **HPZP036D20V** y un refrigerante **R134A/R404A/R507A**, la cual es más óptima para nuestro sistema, cuyos detalles la podemos ver en la ficha técnica Anexo N°9 (ver Anexo N°9).

Dicha unidad condensadora está equipada con un compresor modelo **MTZ36-9VM**, con una capacidad de **1.96 kW** (ver Anexo N°9), el cual es suficiente para cubrir las necesidades de dicha instalación.

5.2.3. Selección de la Válvula de Expansión

La válvula de expansión se selecciona con relación a la capacidad frigorífica, temperatura de evaporación, recalentamiento útil, temperatura de condensación y subenfriamiento cuyos parámetros son fundamentales y necesarios a la hora de la selección, mediante el programa Coolselector2 del fabricante Danfoss se seleccionó el modelo AKV 15-2 con una capacidad máxima de 4.35 kW, una velocidad de entrada de 0.12 m/s, un caudal másico en la línea de 94.00 kg/h y una pérdida de presión 0.13 bar (ver Anexo N°10).

5.2.4. Selección de Tuberías y Accesorios

Mediante el programa computacional Coolselector2 del fabricante Danfoss, nos recomienda seleccionar las distintas tuberías para asegurar un buen funcionamiento del sistema frigorífico, a continuación, indicamos sus características de acuerdo a las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante.

Para la línea de aspiración nos recomienda elegir una tubería de cobre ANSI K65 7/8 de pulgada que soportar una velocidad de entrada del líquido de 7.13 m/s y una velocidad de salida de 7.16 m/s, también soporta un caudal másico en la línea de 94.00 kg/h, la caída de presión en dicha tubería es de 0.008 bar, la longitud es de 2 m a un Ángulo de 90°, las especificaciones se aprecian en la ficha técnica que se muestra en el Anexo N°12 (ver Anexo N°12).

Asimismo, se eligió unas tuberías tipo ANSI K65 7/8 de pulgada para la línea de aspiración con una longitud de 2 m y un Ángulo de 0°, con una caída de presión de 0.008 bar, datos acordes con la ficha técnica en el Anexo N°12

Para este tipo de tuberías nos recomienda seleccionar codos de cobre de 90 ANSI 7/8 de pulgada para la línea de aspiración, dichos componentes presentan una caída de presión de 0.002 bar, así como se muestra en la ficha técnica en el Anexo N°13 (ver Anexo N°13).

Para cumplir con las condiciones de funcionamiento en la línea de líquido nos recomienda seleccionar una tubería de cobre ANSI K65 3/4 de pulgada para trabajar a una velocidad de entrada de 0.10 m/s, una velocidad de salida de 0.10 m/s, flujo másico de 94.00 kg/h, una caída de presión de 0.24 bar, longitud de 2 m a un Ángulo de 90°, datos acordes con la ficha técnica en el Anexo 11 (ver Anexo N°11).

Asimismo, nos recomienda seleccionar tuberías tipo ANSI K65 3/4 de pulgada en la línea de líquido con una longitud de 2 m y un Ángulo de 0°, con una caída de presión de 0.00 bar, datos de acuerdo a la ficha técnica Anexo N°11.

Para este tipo de tuberías nos recomienda seleccionar codos de cobre 90 ANSI 3/4 de pulgada en la línea de líquido, con una caída de presión de 0.00 bar, así como se muestra en la ficha técnica en el Anexo N°14 (ver Anexo N°14).

Se seleccionó el visor de líquido tipo SGP 10s, con un caudal másico de 94.00 kg/h y una caída de presión de 0.002 bar, datos que se muestran en la ficha técnica Anexo N°15 (ver Anexo N°15).

Por último, se seleccionó un filtro deshidratador tipo DCR 0967-DC, con un caudal másico de 94.00 kg/h y una caída de presión de 0.00 bar, así como se muestra en sus datos de la ficha técnica Anexo N°16 (ver Anexo N°16).

5.3. Proyección de Mejora en la Conservación

Con la propuesta de diseño de una cámara frigorífica en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, se proyecta almacenar productos perecederos con el fin de evitar su deterioro repentino y así evitar pérdidas económicas para los comerciantes de dicho lugar, esencialmente se almacenara frutas, verduras y hortalizas. En dicho recinto se contará con un ambiente ideal de humedad y temperatura así mismo con una capacidad de almacenamiento acorde con las necesidades de los comerciantes.

5.3.1. Disminución de Pérdidas de Productos

En aquellas zonas donde no se cuenta con sistemas de refrigeración y es el caso del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, de acuerdo a la encuesta que se realizó a los

comerciantes estos respondieron que entre un 20% y el 30% del total de sus productos se pierde antes de llegar al consumidor final, como resultado de una maduración rápida, la descomposición o el almacenamiento inadecuado. Al implementar una cámara frigorífica que conserve una temperatura entre 0°C y 8°C, se proyecta que estas pérdidas disminuyan a un rango de entre el 10% y el 15%.

5.3.2. Mejora en la Calidad del Producto

Con un recinto de almacenamiento adecuado a una temperatura y humedad, contribuirá a preservar las propiedades organolépticas de los productos, como:

- Una textura firme.
- El color natural.
- Un sabor apropiado.
- Menor aparición de manchas, moho y procesos de fermentación.

Asimismo, al evitar la descomposición de los alimentos, se logra prolongar la vida útil de estos, así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8

Vida Útil de los Productos Perecederos

Producto	Vida Útil sin Frio	Vida Útil con Cámara (4°C)
Frutas	3-5 días	7-15 días
Tomate	2-3 días	7-10 días
Lechuga	1-2 días	6-8 días
Palta (madura)	1-2 días	5-7 días

Nota: Elaboración propia, datos extraídos de (ASHRAE, 2025).

5.3.3. Valor Agregado y Confianza al Consumidor

En un ambiente en donde se almacene alimentos adecuadamente se obtiene lo siguiente:

- Se incrementa la percepción del cliente en cuanto a frescura y calidad.
- Se prolonga el tiempo de vida útil, disminuyendo la necesidad de ventas apresuradas.
- Se abre la oportunidad de distribuir los productos a nuevos canales como minoristas, tiendas, restaurantes o instituciones.

5.4. Análisis de Viabilidad Económica

5.4.1. Presupuesto para la Propuesta de la Cámara Frigorífica

El presupuesto para la cámara frigorífica en donde se almacenará de productos perecederos (frutas, verduras, etc.) en el mercado de abastos de la Provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca, se realizó en base a las cotizaciones de los materiales que se detalla en el Anexo N°17 (ver Anexo N°17), y a continuación en la Tabla 9 se muestra la inversión total de la propuesta.

Tabla 9

Resumen General del Presupuesto de la Cámara Frigorífica

RESUMEN GENERAL	
1.0 SUMINISTRO DE MATERIALES	26,156.83
2.0 MONTAJE ELECTROMECHANICO	3,923.52
3.0 TRANSPORTE	1,307.84
4.0 COSTO DIRECTO	31,388.19
5.0 GASTOS GENERALES	2,511.06
6.0 UTILIDADES	1,569.41
7.0 COSTO SUBTOTAL	35,468.66
8.0 I.G.V. (18%)	6,384.36
TOTAL, GENERAL	41,853.02

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 8 se determinó que el costo para la implementación de la cámara frigorífica asciende a un valor total de S/. 41,853.02, esto incluye IGV del 18%.

5.4.2. Evaluación Económica

Para la evaluación económica, se emplearon los indicadores de rentabilidad, Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

En base a otros estudios se consideró una tasa de descuento del 12% y un horizonte de 20 años.

Ingresos. La evaluación de los ingresos se basa en la cantidad de producto perecedero que se va almacenar en la cámara frigorífica y el costo por kilogramo almacenado.

De la encuesta realizada a los comerciantes del mercado de abastos de la Provincia de Santa Cruz en su mayoría respondieron que estarían de acuerdo en pagar S/. 0.20 por cada kilogramo de pescado almacenado diariamente para su posterior distribución en el mercado de abastos, con estos resultados obtenemos las siguientes estimaciones.

Si cada comerciante vende en promedio 30 kg de sus productos ofertados en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz diariamente, y son un total de 49 comerciantes que venden productos perecederos entre frutas y verduras, esto implicaría que diariamente se necesitaría almacenar un aproximado de 1500 kg/día y a esta cantidad lo vamos a proyectar a un año el cual resultaría de 540000 kg/año. Por tal razón se estimó un monto a pagar por derecho de almacenamiento en la cámara de S/. 0.05 por cada kilogramo almacenado, en consecuencia, los ingresos se estimaron en S/. 32302.50 por cada año.

Egresos. Los egresos son directos y están distribuidos en mantenimiento y mano de obra, para ello se ha considerado un 5% del costo de la propuesta, llegándose a estimar **S/. 2092.65** por cada año.

En la siguiente Tabla se calcula el VAN y TIR para un horizonte de 20 años y una tasa de descuento del 12%.

Tabla 10

Cálculo del VAN y TIR

AÑO	INVERSIÓN/EGRESO	INGRESO	FLUJO	ACUMULATIVO
0	41,853.02	0.00	-41,853.02	-41,853.02
1	2,092.65	32,302.50	30,209.85	-11,643.17
2	2,092.65	32,302.50	30,209.85	18,566.68
3	2,092.65	32,302.50	30,209.85	48,776.53
4	2,092.65	32,302.50	30,209.85	78,986.38
5	2,092.65	32,302.50	30,209.85	109,196.23
6	2,092.65	32,302.50	30,209.85	139,406.07
7	2,092.65	32,302.50	30,209.85	169,615.92
8	2,092.65	32,302.50	30,209.85	199,825.77
9	2,092.65	32,302.50	30,209.85	230,035.62
10	2,092.65	32,302.50	30,209.85	260,245.47
11	2,092.65	32,302.50	30,209.85	290,455.32
12	2,092.65	32,302.50	30,209.85	320,665.17
13	2,092.65	32,302.50	30,209.85	350,875.02
14	2,092.65	32,302.50	30,209.85	381,084.87
15	2,092.65	32,302.50	30,209.85	411,294.72
16	2,092.65	32,302.50	30,209.85	441,504.56
17	2,092.65	32,302.50	30,209.85	471,714.41
18	2,092.65	32,302.50	30,209.85	501,924.26
19	2,092.65	32,302.50	30,209.85	532,134.11
20	2,092.65	32,302.50	30,209.85	562,343.96
VAN				S/183,797.74
TIR				72.18%
Índice de Rentabilidad				5.39
Tiempo de Retorno de Inversión (Años)				2.39

Nota. Elaboración propia.

De la Tabla 10 obtenemos los siguientes resultados:

Los resultados obtenidos indican que el proyecto es económicamente viable, ya que presenta un Valor Actual Neto positivo $VAN = S/. 183797.74 > 0$, una Tasa Interna de Retorno superior a la tasa de descuento $TIR = 72.18\% > 12\%$, índice de rentabilidad es **5.39** y un periodo de recuperación menor a los tres años, lo que respalda la conveniencia de implementar la cámara frigorífica propuesta.

5.5. Discusión de la Propuesta

Este estudio plantea el diseño de una cámara frigorífica con la finalidad de optimizar la conservación de frutas, verduras, etc. En un entorno rural, específicamente en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz. La propuesta es fundamental en un análisis técnico de las condiciones actuales de almacenamiento, la estimación de las cargas térmicas y el modelado térmico mediante herramientas como CoolPack, además de un diagnóstico de las necesidades y expectativas de los comerciantes locales.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la instalación de una cámara frigorífica de aproximadamente 27 m^3 ($3.76 \text{ m} \times 2.40 \text{ m} \times 3.00 \text{ m}$), con un control de temperatura de 4°C , constituye una alternativa técnica viable y económicamente favorable. Mediante el cálculo y modelado térmico, se determinó una carga ajustable de 4.00 kW , lo que se traduce en un consumo eléctrico posible de solo 1.28 kW , gracias a la eficiencia de un sistema de refrigeración que utiliza refrigerante R134a. Este nivel de demanda energética es perfectamente asumible en zonas rurales, especialmente si se considera la integración futura de fuentes de energía renovable.

Asimismo, se estima una disminución de hasta un 10% y 15% de pérdidas ocasionadas por el deterioro de los productos, lo que permitirá recuperar alrededor de 54.00 toneladas de alimentos al año. Este beneficio se traduce en una mejora económica directa para los comerciantes del mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz.

Con la implementación de dicha cámara se estaría mejorando enormemente la calidad de los productos perecederos, prolongando su vida útil, disminuyendo el peligro sanitario para la población, y fortaleciendo la confiabilidad del consumidor. Pero también se estaría posibilitando abastecer a tiendas o bodegas locales e instituciones que lo requieran.

Los resultados obtenidos en el presente proyecto concuerdan con estudios previos realizados en sistemas de refrigeración, como es el caso de zonas rurales de México, Perú y especialmente en Cajamarca, en donde la implementación de almacenes frigoríficos ha generado reducir las pérdidas de sus productos perecederos, logrando así, mayores ganancias y conservar productos de calidad.

Sin embargo, se debe de considerar algunas limitaciones para el presente estudio, primeramente, la inversión inicial, contar con energía eléctrica de manera continua, y la necesidad de capacitación técnica para operar la instalación frigorífica. Así mismo, se debe de implementar un plan de mantenimiento para la cámara y también el monitoreo continuo de la temperatura para así estar seguros de un funcionamiento eficaz y prolongado.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. Se desarrolló una propuesta de diseño técnico de una cámara frigorífica destinada a la conservación de productos perecederos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. El diseño establece condiciones adecuadas de almacenamiento a **4°C**, con un volumen aproximado de **8.12 m³** y una capacidad de almacenamiento de **1500 kg/día**, lo que permite mejorar significativamente las condiciones de conservación de alimentos como frutas, verduras, hortalizas y productos lácteos.
2. El diagnóstico realizado en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz evidencio la ausencia de infraestructura de refrigeración, lo que provoca la descomposición prematura de productos perecederos y genera pérdidas económicas estimadas entre el **10%** y **30%** para los comerciantes. Esta situación demuestra la necesidad de implementar sistemas de conservación en frio para mejorar la calidad de los alimentos y reducir las pérdidas postcosecha.
3. A partir del análisis de las cargas térmicas de la cámara frigorífica se determinó una capacidad frigorífica requerida de **4.00 kW**, considerando las ganancias de calor por transmisión a través paredes, techo, piso y puertas, así como la renovación de aire, la carga térmica del producto y las cargas internas. el sistema propuesto presenta un consumo eléctrico aproximado de **1.28 kW**, lo que evidencia un diseño energéticamente eficiente.
4. En función de las cargas térmicas calculadas se seleccionaron paneles aislantes de poliuretano expandido de alta densidad, los cuales garantizan un adecuado aislamiento térmico. Asimismo, se seleccionó una unidad evaporadora de expansión directa modelo **FRM-270** con capacidad de **4.10 kW** y una unidad condensadora modelo **HPZP036D20V**,

equipos que cumplen con los requerimientos técnicos y operativos de la cámara frigorífica.

A demás, se estimó un presupuesto total de **S/. 41,853.02**, y la evaluación económica determino la viabilidad del proyecto con **VAN = S/. 183,797.74**, **TIR = 72.18%**, índice de rentabilidad **5.39** y un periodo de recuperación de **2.39** años.

5. Se evaluó que la implementación de la cámara frigorífica permitiría reducir las pérdidas por deterioro postcosecha hasta un rango del **10%** al **15%**, mejorar la calidad de los productos almacenados y generar veneficios económicos para los comerciantes. La evaluación económica demostró la viabilidad del proyecto, con un Valor Actual Neto positivo, una Tasa Interna de Retorno superior a la tasa de descuento y un periodo de recuperación de la inversión menor a tres años.

6.2. Recomendaciones

1. La municipalidad provincial de Santa Cruz debe de promover proyectos como la implementación de una cámara frigorífica en el mercado de abastos con el propósito de mejorar y garantizar la calidad de los productos perecederos y así evitar las pérdidas económicas de los comerciantes por el deterioro de sus productos.
2. De darse el caso de implementar una cámara frigorífica en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz se recomienda a la municipalidad provincial otorgar capacitaciones a los comerciantes sobre los beneficios y costos que deben de tener en cuenta para hacer uso del recinto frigorífico
3. Se recomienda optar preferentemente por aquellos productos y servicios de reducido impacto ambiental que sean duraderos, no tóxicos, no inflamables, no peligrosos y que sean reprovechables y reciclables.

BIBLIOGRAFÍA

- ASHARAE. (2025). *Normas y Directrices*. Recuperado el 14 de Abril de 2025, de Normas y Directrices: <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines>
- Baca Obando, B. R. (2024). Diseño de una cámara frigorífica para mangos con capacidad de 30,000 kg, ubicada en el distrito de Motupe (Tesis para Optar el Título Profesional, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo). *Diseño de una cámara frigorífica para mangos con capacidad de 30,000 kg, ubicada en el distrito de Motupe*. Repositorio Institucional, Lambayeque. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/13118>
- Benitez, I., Reina, O. L., Hernández, D., González, R., Velazco, O. A., & Pérez, A. (4 de Diciembre de 2022). Modelos de Predicción de las Cargas Térmicas en una Cámara Frigorífica de Productos Cárnicos. *Universidad Tecnológica de Pereira*, 9. doi:<https://doi.org/10.22517/23447214.24740>
- Çengel, Y. A. (2012). *Transferencia de Calor y Masa* (Tercera Edicion ed.). Mexico: McGraw-Hill.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2016). *Termodinamica* (Sexta Edicion ed.). Mexico: McGraw Hill.
- FAO. (29 de Septiembre de 2022). *Hacer frente a la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Recuperado el 10 de Abril de 2025, de FAO: <https://www.fao.org/newsroom/detail/FAO-UNEP-agriculture-environment-food-loss-waste-day-2022/es>
- FAO. (2025). *Intrnational Food Standards*. Recuperado el 14 de Abril de 2025, de Codex Alimentarius: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/en/#c453333>

Garcia, J. P. (Agosto de 2020). *Desarrollo de Nuevos Refrigerantes Mas Eficientes y con Bajo PCA para Equipos fijos de Climatizacion y Refrigeracion*. Obtenido de Desarrollo de Nuevos Refrigerantes Mas Eficientes y con Bajo PCA para Equipos fijos de Climatizacion y Refrigeracion: https://www.congresotecnofrio.es/wp-content/uploads/2020/08/3_Chemours_Spain.pdf

Herrera Santiago, M. G. (2024). Diseño y Evaluacion Energetica de Camaras Frigorificas para la Conservacion de Carne Avicola Mediante Simulacion (Tesis para Obtener el titulo de Licenciatura, Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo). *Diseño y evaluación energética de cámaras frigoríficas para la conservación de carne avícola mediante simulación*. Repositorio Institucional, Mexico. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/4972/ATD360.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huchin, M. I., & Ovando, J. C. (2024). Desarrollo de la Refrigeración. *Brazilian Journal of Development*, 12. doi:<https://doi.org/10.34117/bjdv10n6-087>

INEI. (2016). *Al año 2016 a nivel nacional existen 2 mil 612 mercados de abastos*. Recuperado el 10 de Abril de 2025, de Plataforma del Estado Peruano: <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/al-ano-2016-a-nivel-nacional-existen-2-mil-612-mercados-de-abastos-9794/>

Infranca. (Abril de 2025). *Puertas Frigorificas*. Obtenido de Quality Doors: <https://infranca.pe/puertas-industriales/puertas-frigorificas/1-corredora-002>

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (23 de Enero de 2020). *Norma Tecnica Peruana*. Recuperado el 14 de Abril de 2025, de NTP 209.038:

<https://gain.fas.usda.gov/Download.aspx?p=2213&q=9b6a5a3e-2d65-4ef7-af39-ad17a3d27a1d>

INTARCON. (15 de Junio de 2024). *Tipos de Cámaras Frigoríficas*. Recuperado el 13 de Abril de 2025, de Tipos de Cámaras Frigoríficas: <https://www.intarcon.com/tipos-de-camaras-frigorificas/>

Machado Pinzon, Y. J. (2022). Uso de Métodos de Conservación de Alimentos para un Consumo Saludable. *SENA*, 4. Recuperado el 13 de Abril de 2025, de Uso de Métodos de Conservación de Alimentos para un Consumo Saludable: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/INNOVAGRO/article/view/5595>

METECNO. (2024). *Paneles de Poliuretano en la Cadena de Frío*. Obtenido de Paneles de Poliuretano en la Cadena de Frío: <https://metecnoperu.com/paneles-poliuretano-cadena-de-frio/>

MIDAGRI. (19 de Septiembre de 2022). *Perú pierde el 35% de su producción de frutas y hortalizas para el mercado interno por fallas en la cadena de producción*. Recuperado el 10 de Abril de 2025, de Agraria: <https://agraria.pe/noticias/peru-pierde-el-35-de-su-produccion-de-frutas-y-hortalizas-pa-29326>

Ministerio de Salud (MINSA). (25 de Setiembre de 1998). *Decreto Supremo N.º 007-98-SA*. Recuperado el 14 de Abril de 2025, de N.º 007-98-SA: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/256394-007-98-sa>

Ministerio de Salud (MINSA). (03 de Julio de 2023). *Norma Sanitaria para Mercados de Abasto de Alimentos*. Recuperado el 14 de Abril de 2025, de NTS N°205 - MINSA/DIGESA -

2023: http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RM_631-2023-MINSA.pdf

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2024). *Inocuidad de los Alimentos*. Recuperado el 14 de Abril de 2025, de NB/ISO 22003-1:2024: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:22003:-1:ed-1:v1:es>

Sánchez, L., & García, R. G. (Mayo de 2022). *Análisis de la transferencia de calor en una quesadilla de queso Oaxaca. Un acercamiento didáctico al concepto de transferencia de calor*. Obtenido de Revista Didáctica de las Ciencias - Jornadas Académicas: <https://www.test.desarrolloweb.ipn.mx/assets/files/esfm/docs/jornadas/revista-jadc-v-ch.pdf#page=90>

Toledo Quispe, C. A. (2016). Diseño de una cámara frigorífica para incrementar la Capacidad De Conservación De Productos lácteos de la empresa tongod cajamarca, 2016 (Tesis para Optar el Título Profesional, Universidad Cesar Vallejo). *Diseño de una cámara frigorífica para incrementar la Capacidad De Conservación De Productos lácteos de la empresa tongod cajamarca, 2016*. Repositorio Institucional, Cajamarca. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31974>

ANEXOS

Anexo 1 Cuestionario de Recolección de Información.

25/4/25, 8:35

ENCUESTA PARA COMERCIANTES – Tesis de Ingeniería

ENCUESTA PARA COMERCIANTES – Tesis de Ingeniería

Título del Estudio:

Propuesta de diseño de una cámara frigorífica para mejorar la conservación de productos perecederos en el mercado de abastos de la provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.

Finalidad:

Esta encuesta tiene como objetivo recoger información para evaluar la viabilidad de implementar una cámara frigorífica que permita conservar mejor los productos perecederos en el mercado. La información será utilizada con fines académicos y se mantendrá en estricta confidencialidad.

Datos Generales del Encuestado:

1. Edad

Marca solo un óvalo.

☐ Entre 10 y 20 años

☐ Entre 21 y 30 años

☐ Entre 31 y 40 años

☐ 41 años a mas

2. Sexo

Marca solo un óvalo.

☐ Hombre

☐ Mujer

https://docs.google.com/forms/d/1rgPqecsoayJH9BG_ejvw7nVEgaCempOSs5bbemF5dG0/edit

1/5

3. Tiempo trabajando en el mercado:

Marca solo un óvalo.

- ☐ 1 año
- ☐ 2 años
- ☐ 3 años
- ☐ Mas de 3 años

4. Tipo de producto que comercializa:

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Frutas
- ☐ Verduras/Hortalizas
- ☐ Productos lácteos
- ☐ Carnes
- ☐ Otros

Sección I: Prácticas Actuales de Conservación

5. ¿Cuenta con algún tipo de sistema de refrigeración para conservar sus productos?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Si
- ☐ No

6. ¿Qué método utiliza actualmente para conservar sus productos?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Hielo
- ☐ Sombra natural
- ☐ Conservación en cajas o bolsas
- ☐ Otro

7. ¿Con qué frecuencia observa pérdidas por descomposición de productos?

Marca solo un óvalo.

- ☐ A diario
☐ Varias veces por semana
☐ Una vez por semana
☐ Raramente

8. ¿Que cantidad de producto vende diariamente?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Menos de 10 kg
☐ Menos de 20 kg
☐ Menos de 30 kg
☐ Mas de 30 kg

9. ¿Qué porcentaje estimado de sus productos se pierde por mal estado antes de ser vendidos?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Menos del 10%
☐ Entre 10% y 30%
☐ Más del 30%

Sección II: Percepción Sobre una Cámara Frigorífica

10. ¿Considera necesario contar con una cámara frigorífica en el mercado?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ No sabe / No opina

11. ¿Estaría dispuesto(a) a utilizar una cámara frigorífica para conservar sus productos?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Dependería del costo

12. ¿Qué beneficios espera de tener acceso a una cámara frigorífica? (Puede marcar más de uno)

Selecciona todas las opciones que correspondan.

- ☐ Mayor duración de los productos
☐ Reducción de pérdidas
☐ Mejores precios de venta
☐ Ahorro económico a largo plazo
☐ Otro

13. ¿Estaría dispuesto(a) a pagar una pequeña tarifa diaria o semanal por el uso compartido de la cámara?

Marca solo un óvalo.

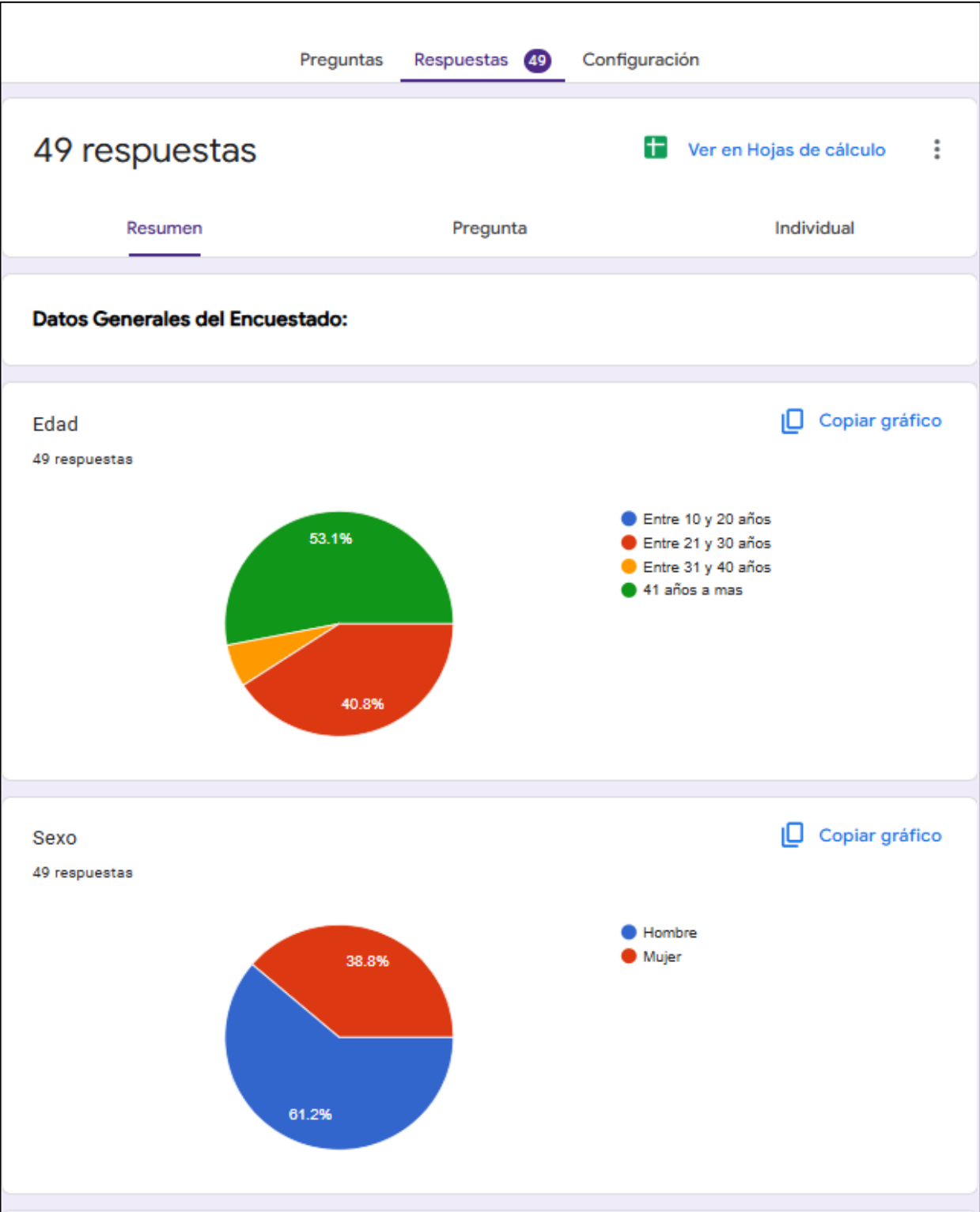
- ☐ Sí
☐ No
☐ Depende del monto

14. ¿Cuanto estaría dispuesto(a) a pagar diariamente por el uso de la cámara frigorífica ?

Marca solo un óvalo.

- ☐ S/. 0.30
☐ S/. 0.50
☐ S/. 0.80
☐ S/. 1.00

Anexo 2 Resultados de la Encuesta.



Anexo 3 Conductividad Térmica de Materiales Usados en Paredes de Almacenes Fríos.

196 CALCULO DE LA CARGA DE ENFRIAMIENTO

TABLA 10-4 Conductividad térmica de materiales usados en paredes de almacenes fríos

Material	Descripción	Conductividad Térmica (k)*	Conductancia térmica (C)*
Mampostería	Ladrillo, común	5.0	
	Ladrillo, de fachada	9.0	
	Concreto mortero o mezcla	5.0	
	Concreto, agregado de arena	12.0	
	Bloque de concreto		
	Agregado de arena 4 plg		1.40
	Agregado de arena 8 plg		0.90
	Agregado de arena 12 plg		0.78
	Agregado de escoria 4 plg		0.90
	Agregado de escoria 8 plg		0.58
	Agregado de escoria 12 plg		0.53
	Yeso de estucar 1/2 plg		3.12
	Barro bloque hueco 4 plg		0.90
	Barro bloque hueco 6 plg		0.66
	Barro bloque hueco 8 plg		0.54
Maderas	Arce, roble, maderas duras similares		1.10
	Abeto, pino, maderas suaves similares		0.80
	Madera contrachapada 1/2 plg		1.60
	Madera contrachapada 3/4 plg		1.07
Techado	Techado con rollo de asfalto	6.50	0.15
	Techado armado 3/8 plg	3.00	0.33
Materiales de aislamiento	Bloque o rollos de fibra, mineral o de vidrio	0.27	
	Tabla o placa		
	Vidrio celular	0.40	
	Placa de corcho	0.30	
	Fibra de vidrio	0.25	
	Poliestireno expandido	0.20	
	Poliuretano expandido	0.17	
	Relleno		
	Papel prensado o pulpa de madera	0.27	
	Aserrín o virutas	0.45	
	Lana mineral (roca, vidrio, escoria)	0.27	
	Corteza de pino	0.26	
	Fibra de madera (madera suave)	0.30	
Conductancia en la superficie (coeficiente de convección)	Aire tranquilo		1.65
	Aire en movimiento (7.5 mph)		4.00
	Aire en movimiento (15 mph)		6.00
Vidrio	Una hoja		1.13
	Dos hojas		0.46
	Tres hojas		0.29
	Cuatro hojas		0.21

De ASHRAE Data Book, Fundamentals Volume, Edición 1972 con permiso de the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

Anexo 4 Requerimientos y Propiedades de Almacenamiento para Productos Perecederos.

Mercancia	Condiciones de Almacenamiento			Punto de Congelación más alto °F	Calor Específico Arriba 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/pie³
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Manzanas	30-40	90	3-8 meses	29.3	0.87	0.45	121	28
Espárragos	32-36	95	2-3 semanas	30.9	0.94	0.48	134	25
Aguacates	45-55	85-	2-4 semanas	31.5	0.72	0.40	94	19
Plátanos	55-65	85-95	-	30.6	0.80	0.42	108	-
Habas	-	-	-	30.1	0.73	0.40	40	-
Secas	-	-	-	-	0.30	0.24	-	-
Frijol verde(ejote)	40-45	90-95	7-10 días	30.7	0.91	0.47	128	14
Lima	32-40	90	1 semana	31.0	0.73	0.40	94	-
Cerveza barril	35-40	-	3-8 semanas	28.0	0.92	-	129	-
Botellas, latas	35-40	65 o abajo	3-6 meses	28.0	0.92	-	129	-
Remolacha, residuos	32	95-100	4-6 meses	30.1	0.90	0.46	126	23
Zarzamora	31-32	95	3 días	30.5	0.88	0.46	122	19
Pan	-	-	1-3 meses	16 a 20	0.70	0.34	46-53	-
Masa	35-40	85-90	3-72 horas	-	0.75	-	-	-
Brocoli brotado	32	95	10-14 días	29.0	0.92	0.47	130	13
Coles brotando	32	95	3-5 semanas	30.5	0.88	0.46	122	-
Col(Col mariposa)	32	95-100	3-4 meses	30.4	0.94	0.47	132	17
Zanahoria madura	32	98-100	5-9 meses	29.5	0.90	0.46	126	22
Coliflor	32	95	2-4 semanas	29.0	0.93	0.47	132	16
Apio	32	95	1-2 meses	31.1	0.95	0.48	135	30
Cereza agria	31-32	90-95	3-7 días	29.0	0.87	-	120	18
Dulce	30-31	90-95	2-3 semanas	28.8	0.84	-	-	-
Chocolate	50-65	40-50	2-3 meses	95-85	0.30	0.55	40	-
Cocoa	32-40	50-70	1 año, más	-	-	-	-	-
Coco	32-35	80-85	1-2 meses	30.4	0.58	0.34	67	-
Café verde	35-37	80-85	2-4 meses	-	0.30	0.24	14-21	-
Maíz dulce(fresco)	32	95	4-8 días	30.9	0.79	0.42	106	16
Ejotes	-	-	-	28.9	0.79	0.42	106	-
Berenjena	45-50	90-95	7-10 días	30.6	0.94	0.48	132	-
Huevo	29-31	80-85	5-6 meses	28.0	0.73	0.40	96	19
Refrigerado en cultivo	50-55	70-75	2-3 semanas	28.0	0.73	0.40	96	19
Congelado entero	0 o abajo	-	un año, más	28.0	0.73	0.42	106	41
Higo seco	32-40	50-60	9-12 meses	-	0.39	0.27	34	45
Fresco	31-32	85-90	7-10 días	27.6	0.82	0.43	112	21
Pescado fresco	30-35	90-95	5-15 días	28.0	0.70-0.86	0.38-0.45	89-122	-
Pescado congelado	-20 a -4	90-95	6-12 meses	28	0.76	0.41	101	-
En hielo	-	-	-	-	0.76	0.41	101	-
Abadejo, bacalao	30-35	90-95	15 días	28	0.82	0.43	112	35
Salmon	30-35	90-95	15 días	28	0.71	0.39	92	33
Ahumado	40-50	50-60	6-8 meses	-	0.70	0.39	92	-
Camarón	31-34	95-100	12-14 días	28	0.86	0.45	119	-
Cangrejos, langostas, mariscos frescos	30-33	86-95	3-7 días	28.0	0.83-0.90	0.44-0.46	113-125	-
Atún	30-35	90-95	15 días	28	0.76	0.41	100	35
Forro de piel y tejidos	34-40	45-55	varios años	-	-	-	-	-
Ajo seco	32	65-70	6-7 meses	30.5	0.69	0.40	89	-
Grosella espinosa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.0	0.90	0.46	126	19
Toronja	50-60	85-90	4-6 semanas	30.0	0.91	0.46	126	30
Uva tipo americana	31-32	85-90	2-8 semanas	29.7	0.86	0.44	116	29
Tipo europea	30-31	90-95	3-6 meses	28.1	0.86	0.44	116	29
Verdes frondosas	32	95	10-14 días	30.0	0.91	0.48	136	32
Guayaba	45-50	90	2-3 semanas	-	0.86	-	-	-
Miel	38-50	50-60	un año, más	-	0.35	0.26	26	-
Rábano	30-32	95-100	10-12 meses	28.7	0.78	0.42	104	-
Col rizada	32	95	3-4 meses	31.1	0.89	0.46	124	-
Colinabo	32	95	2-4 semanas	30.2	0.92	0.47	128	-
Puerro verde	32	95	1-3 meses	30.7	0.88	0.46	126	-
Limones	32 o 50-58	85-90	1-6 meses	29.4	0.91	0.46	127	33
Lechuga	32-34	95-100	2-3 semanas	31.7	0.96	0.48	136	25
Limas	48-50	85-90	6-8 semanas	29.1	0.89	0.46	122	32

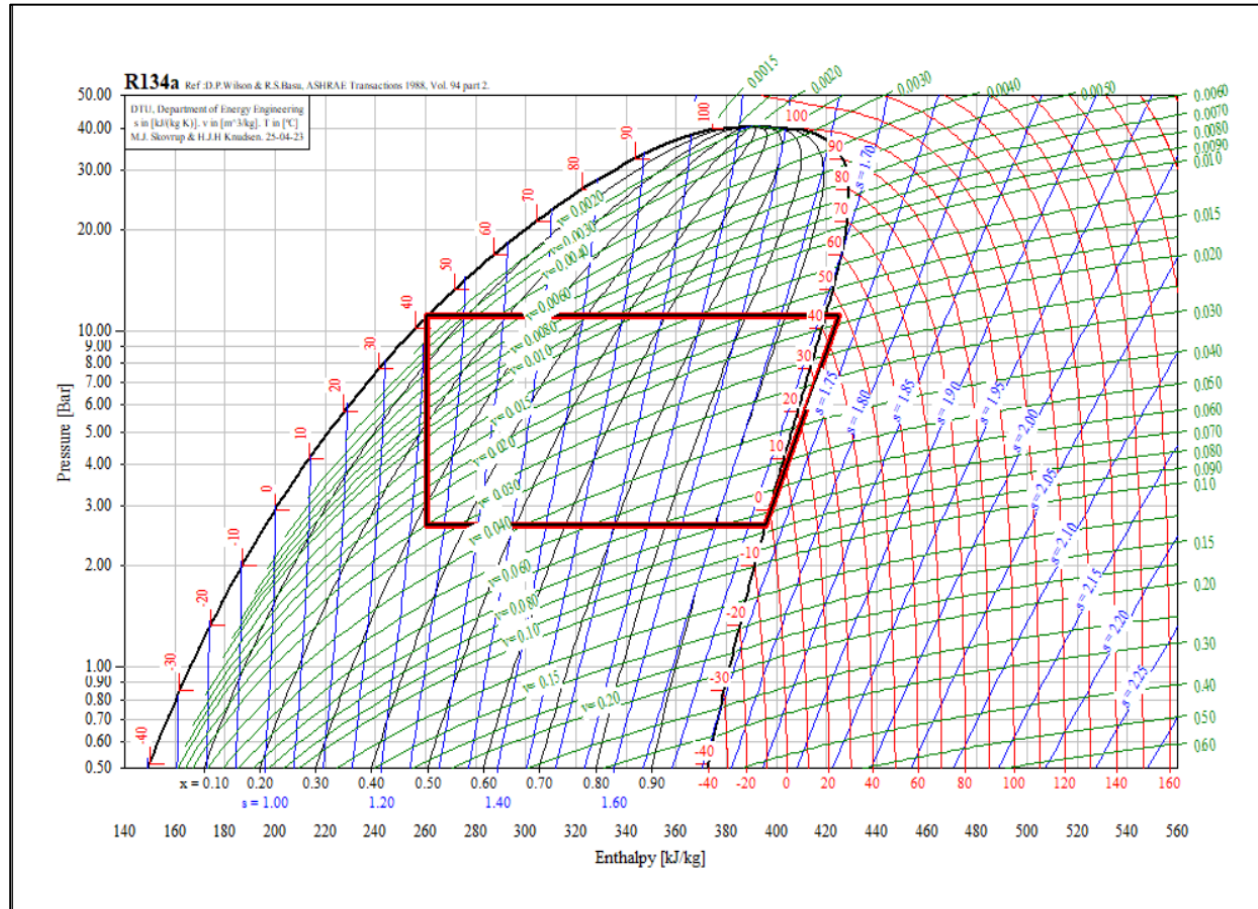
*No se basa en mantener un valor nutricional

Reimpreso con permiso de ASHRAE

Anexo 5 Propiedades Termodinámicas del Refrigerante R134a.

Propiedades del refrigerante 134a saturado														
Temp., T , °C	Presión de satu- ración, P , kPa	Densidad, ρ , kg/m ³		Entalpía de vapori- zación, h_{fg} , kJ/kg	Calor específico, c_p , J/kg · K		Conductividad térmica, k , W/m · K		Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, Tensión β , 1/K, superficial,	
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	N/m
-40	51.2	1418	2.773	225.9	1254	748.6	0.1101	0.00811	4.878×10^{-4}	2.550×10^{-6}	5.558	0.235	0.00205	0.01760
-35	66.2	1403	3.524	222.7	1264	764.1	0.1084	0.00862	4.509×10^{-4}	3.003×10^{-6}	5.257	0.266	0.00209	0.01682
-30	84.4	1389	4.429	219.5	1273	780.2	0.1066	0.00913	4.178×10^{-4}	3.504×10^{-6}	4.992	0.299	0.00215	0.01604
-25	106.5	1374	5.509	216.3	1283	797.2	0.1047	0.00963	3.882×10^{-4}	4.054×10^{-6}	4.757	0.335	0.00220	0.01527
-20	132.8	1359	6.787	213.0	1294	814.9	0.1028	0.01013	3.614×10^{-4}	4.651×10^{-6}	4.548	0.374	0.00227	0.01451
-15	164.0	1343	8.288	209.5	1306	833.5	0.1009	0.01063	3.371×10^{-4}	5.295×10^{-6}	4.363	0.415	0.00233	0.01376
-10	200.7	1327	10.04	206.0	1318	853.1	0.0989	0.01112	3.150×10^{-4}	5.982×10^{-6}	4.198	0.459	0.00241	0.01302
-5	243.5	1311	12.07	202.4	1330	873.8	0.0968	0.01161	2.947×10^{-4}	6.709×10^{-6}	4.051	0.505	0.00249	0.01229
0	293.0	1295	14.42	198.7	1344	895.6	0.0947	0.01210	2.761×10^{-4}	7.471×10^{-6}	3.919	0.553	0.00258	0.01156
5	349.9	1278	17.12	194.8	1358	918.7	0.0925	0.01259	2.589×10^{-4}	8.264×10^{-6}	3.802	0.603	0.00269	0.01084
10	414.9	1261	20.22	190.8	1374	943.2	0.0903	0.01308	2.430×10^{-4}	9.081×10^{-6}	3.697	0.655	0.00280	0.01014
15	488.7	1244	23.75	186.6	1390	969.4	0.0880	0.01357	2.281×10^{-4}	9.915×10^{-6}	3.604	0.708	0.00293	0.00944
20	572.1	1226	27.77	182.3	1408	997.6	0.0856	0.01406	2.142×10^{-4}	1.075×10^{-5}	3.521	0.763	0.00307	0.00876
25	665.8	1207	32.34	177.8	1427	1028	0.0833	0.01456	2.012×10^{-4}	1.160×10^{-5}	3.448	0.819	0.00324	0.00808
30	770.6	1188	37.53	173.1	1448	1061	0.0808	0.01507	1.888×10^{-4}	1.244×10^{-5}	3.383	0.877	0.00342	0.00742
35	887.5	1168	43.41	168.2	1471	1098	0.0783	0.01558	1.772×10^{-4}	1.327×10^{-5}	3.328	0.935	0.00364	0.00677
40	1017.1	1147	50.08	163.0	1498	1138	0.0757	0.01610	1.660×10^{-4}	1.408×10^{-5}	3.285	0.995	0.00390	0.00613
45	1160.5	1125	57.66	157.6	1529	1184	0.0731	0.01664	1.554×10^{-4}	1.486×10^{-5}	3.253	1.058	0.00420	0.00550
50	1318.6	1102	66.27	151.8	1566	1237	0.0704	0.01720	1.453×10^{-4}	1.562×10^{-5}	3.231	1.123	0.00456	0.00489
55	1492.3	1078	76.11	145.7	1608	1298	0.0676	0.01777	1.355×10^{-4}	1.634×10^{-5}	3.223	1.193	0.00500	0.00429
60	1682.8	1053	87.38	139.1	1659	1372	0.0647	0.01838	1.260×10^{-4}	1.704×10^{-5}	3.229	1.272	0.00554	0.00372
65	1891.0	1026	100.4	132.1	1722	1462	0.0618	0.01902	1.167×10^{-4}	1.771×10^{-5}	3.255	1.362	0.00624	0.00315
70	2118.2	996.2	115.6	124.4	1801	1577	0.0587	0.01972	1.077×10^{-4}	1.839×10^{-5}	3.307	1.471	0.00716	0.00261
75	2365.8	964	133.6	115.9	1907	1731	0.0555	0.02048	9.891×10^{-5}	1.908×10^{-5}	3.400	1.612	0.00843	0.00209
80	2635.2	928.2	155.3	106.4	2056	1948	0.0521	0.02133	9.011×10^{-5}	1.982×10^{-5}	3.558	1.810	0.01031	0.00160
85	2928.2	887.1	182.3	95.4	2287	2281	0.0484	0.02233	8.124×10^{-5}	2.071×10^{-5}	3.837	2.116	0.01336	0.00114
90	3246.9	837.7	217.8	82.2	2701	2865	0.0444	0.02357	7.203×10^{-5}	2.187×10^{-5}	4.385	2.658	0.01911	0.00071
95	3594.1	772.5	269.3	64.9	3675	4144	0.0396	0.02544	6.190×10^{-5}	2.370×10^{-5}	5.746	3.862	0.03343	0.00033
100	3975.1	651.7	376.3	33.9	7959	8785	0.0322	0.02989	4.765×10^{-5}	2.833×10^{-5}	11.77	8.326	0.10047	0.00004

Anexo 6 Ciclo de Análisis Simple Mediante el Programa CoolPack.



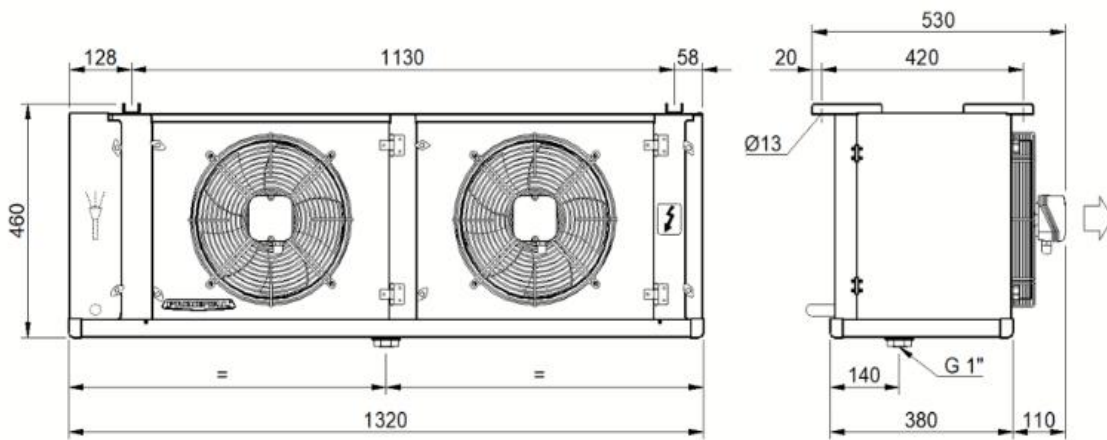
Anexo 7 Puntos de Estado del Ciclo Frigorífico Obtenidos del Programa CoolPack.

STATE POINT	TEMPERATURE	PRESSURE	ENTHALPY	DENSITY
	[°C]	[kPa]	[kJ/kg]	[kg/m ³]
1	12.0	257.5	258.4	11.9
2	72.1	1115.6	300.8	46.5
3	72.1	1101.1	301.0	45.8
4	33.0	1101.1	95.0	1176.3
5	33.0	1101.1	95.0	1176.3
6	-3.0	262.4	95.0	-----
7	2.0	262.4	249.3	12.7
8	12.0	257.5	258.4	11.9

Anexo 8 Ficha Técnica del Evaporador de Expansión Directa Cortesía de Frimetal.

Fecha 24/4/2025 Cliente Jimenez Díaz, Cesar Willy Oferta 01		FRIMETAL San Toribio, 6 28031 MADRID +34/913030426 com@frimetal.es	
EVAPORADOR DE EXPANSIÓN DIRECTA		FRM-270	
Capacidad del modelo	4.1 kW	Materiales	
Capacidad Requerida	4.0 kW	Tubos	Cobre
		Aletas	Aluminio
		Carrocería	Aluminio y acero galvanizado lacado en blanco RAL-9002
Condiciones de trabajo			
Paso Aletas	4.2 mm		
Caudal de Aire	3020 m³/h		
Velocidad del aire	1.91 m/s		
Presión de aire disponible	0 Pa		
Proyección de aire	14 m		
Temperatura Entrada Aire	4.0 °C		
Temperatura salida del aire	0.8 °C		
Temperatura Evaporación	-3.0 °C		
Diferencia temperatura DT1	7 K		
Refrigerante	R143a		
BATERIA		Información para el instalador	
Paso Aletas	4.2 mm	Peso neto	38 kg
Longitud aleteada	1100 mm	Entrada distribuidor líquido	1 x 1/2" mm
Superficie	21.0 m²	Colector de salida	1 x 16 mm
Volumen Interno	4.3 dm³		
Ventiladores AC conformes con la ErP			
Alimentación eléctrica	1~230V/50Hz	Potencia total absorbida	190 W
Nº	2	Consumo eléctrico total	0.8 A
Diámetro de la hélice	300 mm	Nivel de Potencia Sonora	67 dB(A)
Velocidad	1350 rpm	Presión Sonora	36 dB(A)
		A una distancia de	10 m

KSelect - Build 230323 - made by Unifab Srl



EVAPORADOR DE EXPANSIÓN DIRECTA - FRM-270



FRIMETAL, s.a.
 San Toribio, 6
 28031 MADRID
 +34/913030426 - +34/917774761

KSelect - Built 230323 - made by Uniflex Srl

Coolselector2



Información del proyecto

Nombre del proyecto:	Propuesta de Diseño de una Cámara Frigorífica
Comentarios:	
Creado por:	CESAR WILLY JIMENEZ DIAZ
Coolselector2 versión:	5.3.1. Base de datos: 102
Imprimido:	Jueves, 24 de Abril de 2025
Preferencias utilizadas:	Todas las aplicaciones

Unidades condensadoras 1

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R134a		
Temperatura de evaporación, punto de	-10.0 °C	Temperatura ambiente:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.006 bar	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Altitud:	2.03 m
Temperatura del gas de retorno:	-4.0 °C		
Condiciones nominales:	Personalizar		
Capacidad de refrigeración requerida:	4.000 kW		

Selección: HPZP036D20V, R134a

Modelo	HPZP036D20N	HPZP036D20Q	HPZP036D20V	HPZP022D20Q	HPZP022D20N
Código	115F0609	115F0610	115F0611	115F0604	115F0603
Modelo de compresor	MTZ36-1VM	MTZ36-3VM	MTZ36-9VM	MTZ22-3VM	MTZ22-1VM
Gama de productos	Optyma™ Slim Pack	Optyma™ Slim Pack	Optyma™ Slim Pack	Optyma™ Slim Pack	Optyma™ Slim Pack
Versión del producto	D20	D20	D20	D20	D20
Refrigerante	R134a	R134a	R134a	R404A	R404A
Refrigeración [kW]	4.024	4.024	4.024	4.040	4.040
COP refrigeración [W/W]	2.06	2.06	2.06	2.04	2.04
Potencia total [kW]	1.955	1.955	1.955	1.977	1.977
Corriente total [A]	10.66	7.480	4.911	7.209	9.646
Frecuencia [Hz]	60	60	60	60	60
Alimentación	208 - 220 V 1 ph	200 - 230 V 3 ph	380 V 3 ph	200 - 230 V 3 ph	208 - 220 V 1 ph
Tc [°C]	35.3	35.3	35.3	37.5	37.5

Código y piezas de repuesto seleccionados

Código: 115F0611. HPZP036D20V

Coolselector2



Válvula solenoide: Válvula solenoide 1

Condiciones de funcionamiento

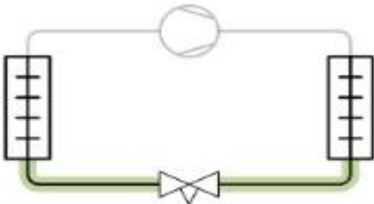
Refrigerante:	R134a	Caudal másico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	5.138 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	46.4 °C		

Sistema y línea:

Sistema de expansión seca. Línea de líquido

Criterios de selección:

Velocidad: 1.00



Selección: AKV 15-2



Tipo	AKV 15-1	AKV 15-2	AKV 15-3	AKV 15-4
NS	18	18	22	28
Kv [m³/h]	0.25	0.4	0.63	1
DP_100 [bar]	0.200	0.200	0.200	0.200
DP_min [bar]	0.080	0.078	0.077	0.078
Kv_calc [m³/h]	0.2118	0.2377	0.2588	0.2771
DP [bar]	0.163	0.130	0.109	0.095
DT_sat [K]	0.8	0.6	0.5	0.4
Grado de apertura [%]	77	48	30	19
Carga [%]	77	48	30	19
Carga parcial posible [%]	10	13	19	33
Velocidad, entrada [m/s]	0.12	0.12	0.08	0.04

Página 10/19

120

Coolselector2



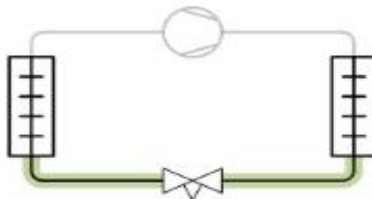
Tuberías: Tuberías 1

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R134a	Caudal másico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	5.138 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	46.4 °C		

Sistema y línea: Sistema de expansión seca. Línea de líquido

Criterios de selección: Caída de temperatura de saturación: 0.020. Longitud: 2.00 m. Ángulo: 90 °



Selección: Tubería de cobre ANSI K65 3/4

Tipo	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8
NS	12.7	15.88	19.05	22.23	28.58
DP [bar]	0.239	0.238	0.237	0.237	0.237
DT_sat [K]	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
DP [K/m]	0.561	0.558	0.557	0.557	0.557
Velocidad, entrada [m/s]	0.23	0.14	0.10	0.07	0.04
Velocidad, salida [m/s]	0.23	0.14	0.10	0.07	0.04

Coolselector2



Tuberías: Tuberías 2

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R134a	Caudal másico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	5.138 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	46.4 °C		

Sistema y línea: Sistema de expansión seca. Línea de líquido

Criterios de selección: Caída de temperatura de saturación: 0.020. Longitud: 2.00 m. Ángulo: 0 °



Selección: Tubería de cobre ANSI K65 3/4

Tipo	ANSI K65 1/2	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8
NS	12.7	15.88	19.05	22.23	28.58
DP [bar]	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
DT_sat [K]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [K/m]	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000
Velocidad, entrada [m/s]	0.23	0.14	0.10	0.07	0.04
Velocidad, salida [m/s]	0.23	0.14	0.10	0.07	0.04

Coolselector2



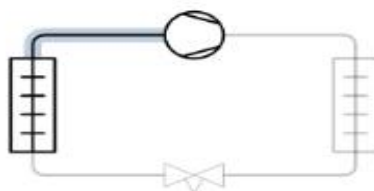
Tuberías: Tuberías 3

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R134a	Caudal másico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	5.138 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	46.4 °C		

Sistema y línea: Sistema de expansión seca. Línea de aspiración

Criterios de selección: Caída de temperatura de saturación: 0.020. Longitud: 2.00 m. Ángulo: 90 °



Selección: Tubería de cobre ANSI K65 7/8

Tipo	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8
NS	15.88	19.05	22.23	28.58	34.93
DP [bar]	0.031	0.015	0.008	0.004	0.003
DT_sat [K]	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
DP [K/m]	0.161	0.075	0.042	0.021	0.016
Velocidad, entrada [m/s]	13.89	9.75	7.13	4.30	2.87
Velocidad, salida [m/s]	14.07	9.81	7.16	4.30	2.87

Coolselector2



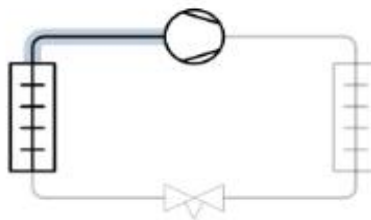
Tuberías: Tuberías 4

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R134a	Caudal másico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	5.138 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	46.4 °C		

Sistema y línea: Sistema de expansión seca. Línea de aspiración

Criterios de selección: Caída de temperatura de saturación: 0.020. Longitud: 2.00 m. Ángulo: 0 °



Selección: Tubería de cobre ANSI K65 7/8

Tipo	ANSI K65 5/8	ANSI K65 3/4	ANSI K65 7/8	ANSI K65 1 1/8	ANSI K65 1 3/8
NS	15.86	19.05	22.23	28.58	34.93
DP [bar]	0.029	0.012	0.008	0.002	0.001
DT_sat [K]	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
DP [K/m]	0.148	0.062	0.029	0.008	0.003
Velocidad, entrada [m/s]	13.89	9.75	7.13	4.30	2.87
Velocidad, salida [m/s]	14.05	9.80	7.15	4.30	2.87

Coolselector2



Tuberías: Tuberías 5

Condiciones de funcionamiento

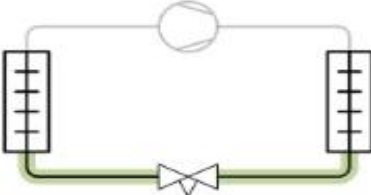
Refrigerante:	R134a	Caudal másico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	5.138 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	46.4 °C		

Sistema y línea:

Sistema de expansión seca. Línea de líquido

Criterios de selección:

Velocidad: 1.00



Selección: Codo de cobre 90 ANSI 3/4

La capacidad es demasiado alta o baja como para mostrar el gráfico de rendimiento

Tipo	90 ANSI 1/2	90 ANSI 5/8	90 ANSI 3/4	90 ANSI 7/8	90 ANSI 1 1/8
NS	12.7	15.87	19.05	22.22	28.57
DP [bar]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT _{sat} [K]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [K/m]	-	-	-	-	-
Velocidad, entrada [m/s]	0.20	0.13	0.09	0.07	0.04
Velocidad, salida [m/s]	0.20	0.13	0.09	0.07	0.04

Página 16/19

Coolselector2



Tuberías: Tuberías 6

Condiciones de funcionamiento

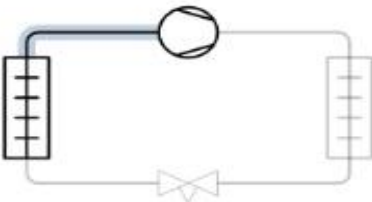
Refrigerante:	R134a	Caudal másico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	5.138 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	46.4 °C		

Sistema y línea:

Sistema de expansión seca. Línea de aspiración

Criterios de selección:

Velocidad: 12.00



Selección: Codo de cobre 90 ANSI 7/8

Tipo	90 ANSI 5/8	90 ANSI 3/4	90 ANSI 7/8	90 ANSI 1 1/8	90 ANSI 1 3/8
NS	15.87	19.05	22.22	28.57	34.92
DP [bar]	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000
DT_sat [K]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DP [K/m]	-	-	-	-	-
Velocidad, entrada [m/s]	12.34	8.56	6.30	3.81	2.55
Velocidad, salida [m/s]	12.35	8.57	6.30	3.81	2.55

Página 18/19

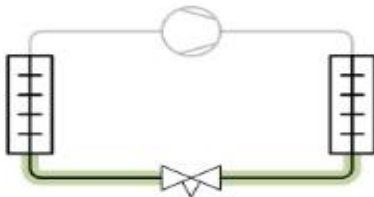
126

Coolselector2



Visor de líquido: Visor de líquido 1

Condiciones de funcionamiento			
Refrigerante:	R134a	Caudal másico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	6.096 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	82.2 °C		
Sistema y línea:	Sistema de expansión seca. Línea de líquido		
Criterios de selección:	Velocidad: 1.00		



Selección: SGP 6s



Tipo	SGP 6s	SGP 10s	SGP 12s
NS	6	10	12
Kv [m³/h]	0.44	1.76	2.7
DP [bar]	0.038	0.002	0.001
DT_sat [K]	0.2	0.0	0.0
Velocidad, entrada [m/s]	1.72	0.43	0.28

Código seleccionado para SGP 6s

SGP 6s N: 014L0148. Mínima cantidad del pedido: 82 piezas. Puede que no esté disponible en tu país.

Coolselector2



Filtro deshidratador: Filtro deshidratador 1

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R134a	Caudal máxico en la línea:	94.00 kg/h
Capacidad de refrigeración:	4.347 kW	Capacidad de calefacción:	5.138 kW
Temperatura de evaporación:	-3.0 °C	Temperatura de condensación:	28.8 °C
Presión de evaporación:	2.623 bar	Presión de condensación:	7.440 bar
Recalentamiento útil:	5.0 K	Subenfriamiento:	3.0 K
Recalentamiento adicional:	1.0 K	Subenfriamiento adicional:	1.0 K
Temperatura de descarga:	46.4 °C		

Sistema y línea: Sistema de expansión seca. Línea de líquido

Criterios de selección: Velocidad: 1.00



Selección: DCR 0967-DC

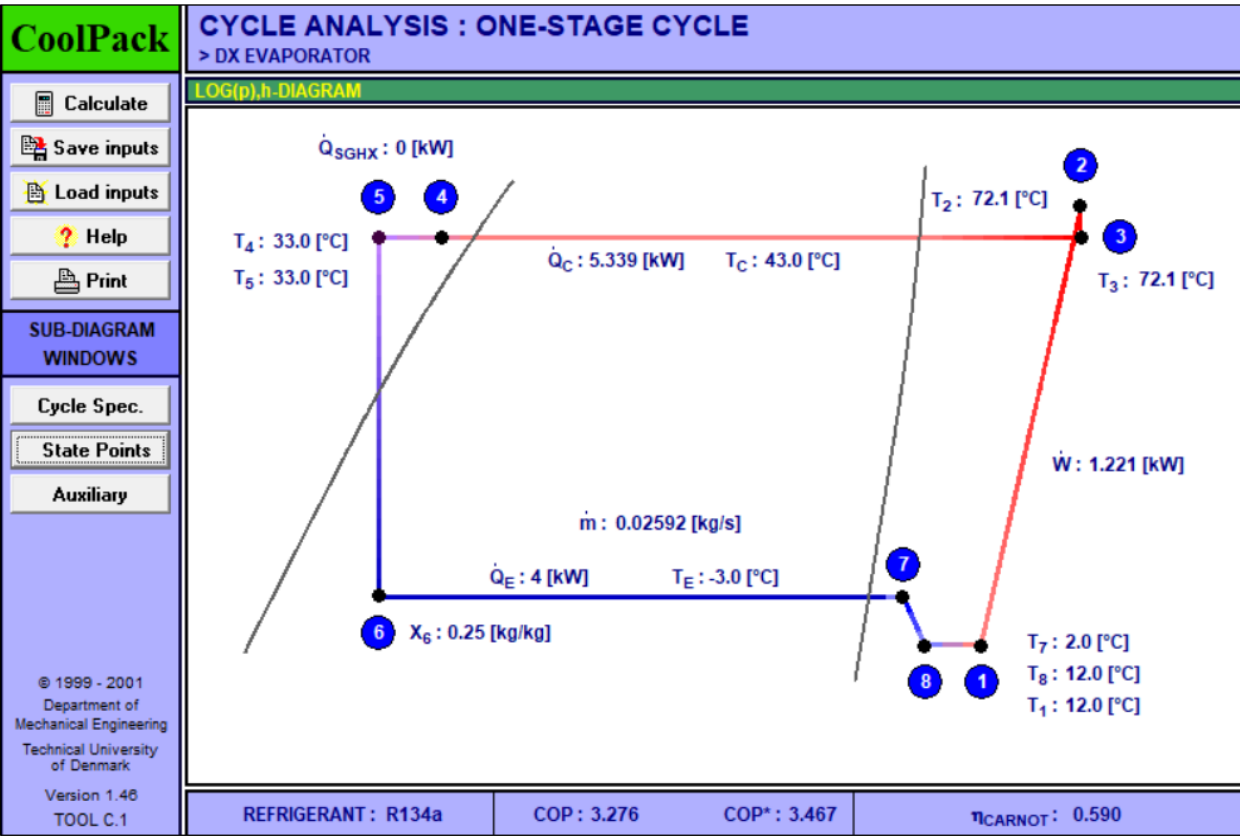


Tipo	DCR 04817-DC	DCR 04821-DC	DCR 0967-DC	DCR 0969-DC	DCR 09611-DC
NS	50	65	20	25	32
Núcleos	1	1	2	2	2
Kv [m³/h]	21.8	22.2	11.7	18.9	25.7
Kv_calc [m³/h]	21.8	22.2	11.7	18.9	25.7
DP [bar]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT_set [K]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Velocidad, entrada [m/s]	0.01	0.01	0.06	0.03	0.02
Capacidad de secado a 24.0 °C [kg]	62.58	62.58	125.2	125.2	125.2
Capacidad de secado a 52.0 °C [kg]	57.3	57.3	114.6	114.6	114.6
Carga [kg]	1.8	1.8	3.044	3.044	3.044

Anexo 17 Cotización Cortesía de Cenfrico.

 CENTRO DEL FRIO COMERCIAL EIRL RUC: 20538736776		SUCURSALES: TIENDA SANTA ANITA: Av. Los Virreyes Mz L Lote 52. Urb. Alameda de Ate Lima - Sta Anita (01)719-3257 TIENDA PUENTE PIEDRA: Av. Puente Piedra Nro. 909 Lima - Lima - Puente Piedra (01)715-2390 ALMACEN CENTRAL: Av. Industrial 359 Urb. Las Vegas Lima - Lima - Puente Piedra. (01)715-5023				
DOMICILIO FISCAL: Cal. Isaac Recavaren Nro. 183 Dpto. 3 Urb. Los Ficus Santa Anita - Lima Página Web: www.cenfrico.com		COTIZACIÓN N° 63979				
SEÑORES: CLIENTE VARIOS CONTACTO: Clientes varios TELÉFONO: 9999 CORREO: correo@gmail.com		RUC: 99999999999 FECHA PROFORMA: 24/04/2025 FECHA FIN PROFORMA: 27/04/2025				
NOMBRE DEL VENDEDOR: COLONIA, ROSA STEPHANY TIENDA: TIENDA PTE FORMA DE PAGO: CONTADO MONEDA: DOLARES AMERICANOS		CELULAR: 970837307 TELÉFONO: CORREO: rcolonia@cenfrico.com				
CÓDIGO	PRODUCTO	CANT	PRECIO LISTA	DESC.	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
EQDUC101405	Unid. Cond. OP-HJ2036D39Q - Compr. MTZ36 - 3.0HP - 220V/3PH/60Hz - R404 / R507 /R134A	1.00	1,356.000	37.97	1,318.032	1,318.03
EQMEB111102	Evaporador de Aire Forzado Bajo Perfil MiBx 0033E - 220V/1PH/60Hz Blanco	1.00	536.000	10.72	525.280	525.28
VCDDET208101	Valvula de Expansión TES 2 -40 a +10 C Abocardar 3/8" x 1/2" 068Z3403 - DANFOSS	1.00	40.700	0.81	39.886	39.89
VCD0C101106	Orificio N° 04 TEX2 - TES2 - TEN2 roscable 068-2007 - DANFOSS	1.00	9.900	0.20	9.702	9.70
VCDVS102104	Cuerpo de Valvula Solenoide EVR3 3/8" Abocardar 032LB116 - DANFOSS	1.00	38.000	0.00	38.000	38.00
VCDBO102112	Bobina 220V 60Hz 13w 018F6714 C / Caja Terminal IP67 - DANFOSS	1.00	34.000	0.00	34.000	34.00
VCFG196101	Controlador Digital TC-900E POWER 110 / 220V - Termostato con deshielo eléctrico - FG	1.00	27.000	0.00	27.000	27.00
VCFG178101	Controlador Digital PHASELOG E Plus - FG	1.00	75.300	0.00	75.300	75.30
ACPPU101101	Panel Poliuretano MASTER-FRIGO PUR ST100MM X 11.90MT de Largo x 1.00MT de ancho	8.00	579.530	13.91	565.621	4,524.97
ACPP101102	Panel de piso MASTER-BASIC PIR 100MM - 1200 x 2285mm	7.00	94.000	1.88	92.120	644.84
ACPAT101101	Angulo Exterior Prepintado 140mm x 40mm x 3000mm x 0.6mm (e)	10.00	19.500	0.00	19.500	195.00
ACPAT101103	Angulo Interior Prepintado 40mm x 40mm x 3000mm x 0.6mm (e)	10.00	8.700	0.00	8.700	87.00
ACPAT101106	Canal "C" Prepintado 40mm x 100mm x 40mm x 3000mm x 0.6mm (e)	7.00	19.500	0.00	19.500	136.50
SON: NUEVE MIL TREINTA Y TRES CON 50/100 DOLARES AMERICANOS. Lugar de Entrega: En nuestro almacenes; Av. Industrial 359 Urb. Las Vegas - Puente Piedra COMENTARIO: VALIDEZ DE LA PROFORMA: 15 DIAS PRECIO TOTAL INCLUIDO EL IGV, PRECIOS SUJETOS A VARIACIÓN DE TIPO DE CAMBIO DE LA EMPRESA Nuestro servicio de despacho para Lima Metropolitana dependera del volumen de la carga y compra mínima \$350.00 y/o su equivalente. Nota: El cliente al realizar la compra de los ítems detallados en la presente cotización acepta las condiciones generales de contratación compra-venta del bien comercial que se adjuntan.					SUB TOTAL: USD 7,655.51 DESCUENTO: USD 0.00 REDONDEO: USD 0.00 VALOR VENTA: USD 7,655.51 IGV (18%): USD 1,377.99 TOTAL: USD 9,033.50	

Anexo 18 Puntos de Análisis Frigorífico Mediante el Programa CoolPack.



Anexo 19 Estado Actual de Almacenamiento de Productos Perecederos.



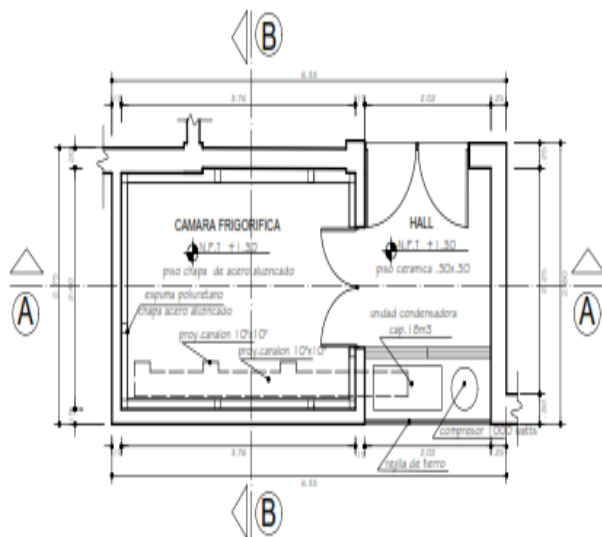
Anexo 20 Operacionalización de Variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Capacidad de Conservación y Almacenamiento de Pescado	Es aquella instalación aislada térmicamente, cuyo objetivo es mantenerse constantes la temperatura y la humedad relativa requeridas en su interior.	La función principal de una cámara frigorífica es almacenar y conservar cualquier producto contenido en ella, en condiciones óptimas de tal manera que no pierda su valor comercial a través de la observación, documentación, formulas y cálculos operacionales.	Temperatura al Interior de la Cámara	°C
			Capacidad de Almacenamiento	kg
			Consumo de Energía	kW
	Consiste en una serie de procedimientos destinados a prevenir la descomposición de los alimentos con el objetivo de preservarlos para su posterior aprovechamiento, transporte o almacenaje.	Es la capacidad de conservar la vida útil de un producto (pescado) manteniendo sus características físicas y químicas para que sean aptas para la comercialización y el consumo humano.	Tiempo de Conservación	t
			Humedad Relativa	%HR

Anexo 21 Presupuesto General.

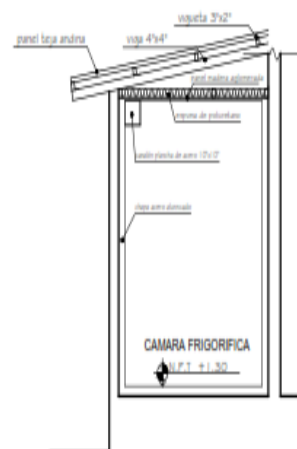
RESUMEN DE PRESUPUESTO INSTALACIÓN FRIGORIFICA					
PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA CAMARA FRIGORIFICA PARA MEJORAR LA CONSERVACION DE PRODUCTOS PERECEDEROS EN EL MERCADO DE ABASTOS DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA					
INSTALACIÓN FRIGORIFICA, EQUIPOS, INSTALACIONES ELÉCTRICAS					
ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNID	METRADO	COSTO UNITARIO	PARCIAL
1.00	EQUIPOS INSTALACIÓN FRIGORIFICA				
1.01	Unidad Condensadora	u	1.00	1,500.03	5,550.12
1.02	Evaporador	u	1.00	525.28	1,943.54
1.03	Valvula de expansion	u	1.00	39.87	147.52
1.04	Valvula Solenoide	u	1.00	38.00	140.60
1.05	Visor de Liquido	u	1.00	9.70	35.89
1.06	Filtro secador	u	2.00	45.00	333.00
1.07	Panel de Controlador Digital	u	1.00	400.00	1,480.00
1.08	Tuberias	m	8.00	16.50	488.40
1.09	Gas R134a	u	1.00	220.00	814.00
1.10	Codo de cobre	u	8.00	4.00	118.40
1.11	Union simple de cobre	u	5.00	2.00	37.00
1.12	Manometros	u	2.00	50.00	370.00
	Sub Total 1,00				11,458.47
2.00	COMPONENTES DE LA CAMARA				
2.01	Paneles de poliuretano	u	4.00	565.62	8,371.18
2.02	Paneles de poliuretano para piso	u	3.00	92.12	1,022.53
2.03	Angulos exteriores prepintados	u	5.00	19.50	360.75
2.04	Angulos interiores prepintados	u	5.00	8.70	160.95
2.05	Canal C prepintado	u	5.00	19.50	360.75
2.06	Cortina de lamas	u	20.00	10.00	740.00
2.07	Tarugos	u	60.00	0.30	66.60
2.08	Tornillo tirafon	u	60.00	0.40	88.80
2.09	Silicona color blanco	u	6.00	8.00	177.60
2.10	Perno esparrago	u	4.00	15.00	222.00
2.11	Tuerca	u	16.00	0.60	35.52
2.12	Anillo plano	u	16.00	0.40	23.68
2.13	Equipo fluorescente	u	2.00	50.00	370.00
2.14	Bisagra	u	4.00	10.00	148.00
	Sub Total 2,00				12,148.36
3.00	MATERIALES DE ALMACENAMIENTO				
3.01	Cajas de almacenamiento de pescado	u	100.00	25.50	2,550.00
	Sub Total 3,00				2,550.00
RESUMEN GENERAL					
1.0	SUMINISTRO DE MATERIALES				26,156.83
2.0	MONTAJE ELECTROMECHANICO				3,923.52
3.0	TRANSPORTE				1,307.84
4.0	COSTO DIRECTO				31,388.19
5.0	GASTOS GENERALES				2,511.06
6.0	UTILIDADES				1,569.41
7.0	COSTO SUBTOTAL				35,468.66
8.0	I.G.V. (18%)				6,384.36
	TOTAL GENERAL				41,853.02

Anexo 22 Planos de la Cámara Frigorífica



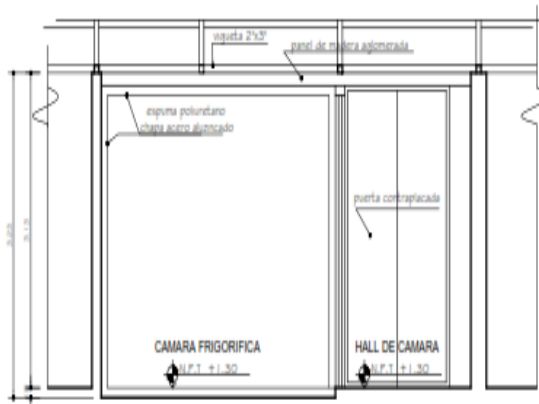
PLANTA CAMARA FRIGORIFICA

ESC. 1/50



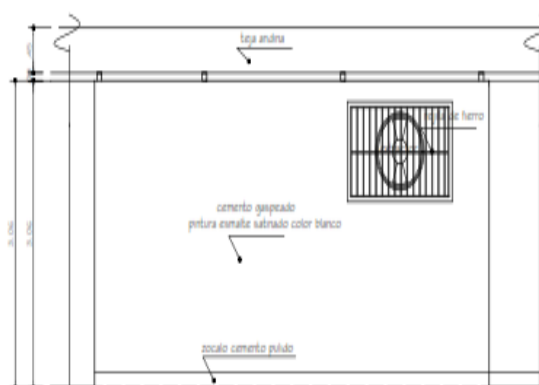
CORTE B-B CAMARA FRIGORIFICA

ESC. 1/50



CORTE A-A CAMARA FRIGORIFICA

ESC. 1/50



ELEVACIÓN CAMARA FRIGORIFICA

ESC. 1/50

PROYECTO:		PROYECTO:	
BACH. JIMÉNEZ DIAZ, CESAR WILLY		PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA CAMARA FRIGORIFICA PARA AUXILIAR LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS PERECEROS EN LA ZONA DE ABASTO DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ DEPARTAMENTO DE CALAMARCA	
ZONA:		ZONA: ZONA 9099A	
LADRILLO:		LADRILLO	
PUBRO:		PUBRO:	
BACH. JIMÉNEZ DIAZ, CESAR WILLY		MAY 1/50	
		APRIL - 2025	
		L-01	