

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de una cámara frigorífica con capacidad de
2000 kg para la refrigeración de arándanos en la
ciudad de Arequipa**

Joseph Arnold Uchuya Agudo

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Dr. Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ma. Ever Luis Poma Tintaya
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 24 de Julio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **“DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA CON CAPACIDAD DE 2000 KG PARA LA REFRIGERACIÓN DE ARÁNDANOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**, perteneciente al estudiante **Joseph Arnold Uchuya Agudo**, de la E.A.P. de **Ingeniería Mecánica**; se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado **7 %** de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 30) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR

Ing. Ever Luis Poma Tintaya

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental, una institución que, a través de sus docentes, ha contribuido significativamente a mi formación profesional.

A mi asesor por su dedicación y paciencia. Sin sus palabras y correcciones precisas, no habría podido llegar a esta tan anhelada instancia. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados en mi memoria a lo largo de mi futuro profesional.

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a mis padres, ya que sin su apoyo no habría sido posible alcanzar estos importantes logros en mi vida personal y profesional.

Agradezco también a todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron a la realización de esta tesis. Gracias por ser una parte fundamental de este logro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | v |
| ÍNDICE DE TABLAS | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUCCIÓN | xii |
| CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 14 |
| 1.1 Planteamiento y formulación del problema | 14 |
| 1.1.1 Planteamiento del problema | 14 |
| 1.1.2 Formulación del problema | 15 |
| 1.2 Objetivos | 16 |
| 1.2.1 Objetivo general | 16 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 16 |
| 1.3 Justificación e importancia | 16 |
| 1.3.1 Justificación tecnológica | 16 |
| 1.3.2 Justificación económica | 16 |
| 1.3.3 Justificación social | 17 |
| 1.3.4 Justificación ambiental | 17 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 18 |
| 2.1 Antecedentes del problema | 18 |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales | 18 |
| 2.1.2 Antecedentes nacionales | 19 |
| 2.2 Bases teóricas | 20 |
| 2.2.1 Arándanos | 20 |
| 2.2.2 Manejos de cosecha de arándanos | 21 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.2.3 | Manejo de postcosecha de arándanos | 22 |
| 2.2.4 | Cámara frigorífica | 22 |
| 2.2.5 | Tipos de cámara frigorífica | 23 |
| 2.2.6 | Componentes de una cámara frigorífica | 24 |
| 2.2.7 | Refrigeración | 26 |
| 2.2.8 | Refrigerantes | 26 |
| 2.2.9 | Aislamiento térmico | 27 |
| 2.2.10 | Cargas térmicas | 27 |
| 2.2.11 | Dimensionamiento de la cámara de refrigeración | 30 |
| 2.3 | Definición de términos básicos | 31 |
| CAPÍTULO III METODOLOGÍA..... | | 32 |
| 3.1 | Metodología aplicada para el desarrollo de la solución | 32 |
| 3.1.1 | Tipo de investigación | 32 |
| 3.1.2 | Metodología..... | 32 |
| 3.1.3 | Proceso de desarrollo y diseño..... | 40 |
| CAPITULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN | | 42 |
| 4.1 | Identificación de los requerimientos | 42 |
| 4.2 | Análisis de la solución | 43 |
| 4.2.1 | Caja negra (Black Box)..... | 44 |
| 4.2.2 | Caja Blanca (<i>White Box</i>)..... | 45 |
| 4.2.3 | Matriz morfológica | 46 |
| 4.2.4 | Determinación de la solución óptima | 46 |
| 4.3 | Diseño | 49 |
| 4.3.1 | Características técnicas del producto | 49 |
| 4.3.2 | Dimensionado de la cámara | 49 |
| 4.3.3 | Aislamiento de la cámara | 51 |
| 4.3.4 | Determinación de cargas térmicas..... | 53 |

| | | |
|----------------------------------|--|----|
| 4.3.5 | Análisis del consumo eléctrico | 56 |
| 4.4 | Cálculo de consumo diario y mensual en Kwh | 56 |
| 4.5 | Comparación técnica – económica | 57 |
| 4.6 | Elección del refrigerante | 57 |
| CAPITULO V CONSTRUCCIÓN | | 60 |
| 5.1 | Construcción..... | 60 |
| 5.1.1 | Diseño de la estructura | 60 |
| 5.1.2 | Selección de componentes..... | 62 |
| 5.2 | Pruebas y resultados | 62 |
| 5.3 | Discusión de resultados..... | 66 |
| CONCLUSIONES | | 68 |
| TRABAJOS FUTUROS..... | | 69 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 70 |
| ANEXOS..... | | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|----------------|----|
| Tabla 1. | 21 |
| Tabla 2..... | 28 |
| Tabla 3..... | 29 |
| Tabla 4..... | 31 |
| Tabla 5..... | 36 |
| Tabla 6..... | 43 |
| Tabla 7..... | 47 |
| Tabla 8..... | 48 |
| Tabla 9..... | 49 |
| Tabla 10. | 50 |
| Tabla 11. | 53 |
| Tabla 12..... | 57 |
| Tabla 13. | 58 |
| Tabla 14..... | 60 |
| Tabla 15..... | 62 |
| Tabla 16. | 64 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|----------------|----|
| Figura 1..... | 23 |
| Figura 2..... | 24 |
| Figura 3..... | 33 |
| Figura 4..... | 37 |
| Figura 5..... | 38 |
| Figura 6..... | 39 |
| Figura 7..... | 39 |
| Figura 8..... | 41 |
| Figura 9..... | 44 |
| Figura 10..... | 45 |
| Figura 11..... | 46 |
| Figura 12..... | 48 |
| Figura 13..... | 50 |
| Figura 14..... | 51 |
| Figura 15..... | 52 |
| Figura 16..... | 61 |
| Figura 17..... | 63 |
| Figura 18..... | 65 |
| Figura 19..... | 66 |

RESUMEN

En la presente investigación se llevó a cabo el diseño de una cámara frigorífica con capacidad de 2000 kg para la refrigeración de arándanos en la ciudad de Arequipa, teniendo como objetivo determinar las dimensiones de la cámara, el análisis de las cargas térmicas y la selección de componentes finales para su funcionamiento. El estudio se enmarcó como uno de tipo aplicativo o tecnológico que procedió por medio del método VDI 2221, realizando su validación por medio de una simulación en el software *Solidworks*. Se obtuvo como resultado una cámara frigorífica de 79,38 m³, con aislamiento en poliuretano, donde la fruta se almacena en bandejas, las cuales se colocan en carros móviles, todo lo cual sumó una carga térmica de 31 460,00 BTU/h. Entre los componentes elegidos, se planteó el uso de refrigerante R134a, el cual sustituye al R-12 en instalaciones nuevas. Así mismo, se encontró que la mayor incidencia en la carga térmica proviene de la diferencia entre la temperatura ambiente de la fruta y la temperatura de congelación, lo que pudiera ser optimizado con un pretratamiento.

Palabras clave: cámara frigorífica, refrigeración, VDI 2221, arándanos, refrigerante.

ABSTRACT

In the present investigation, the design of a refrigerated chamber with a capacity of 2 000 kg for the refrigeration of blueberries in the city of Arequipa was carried out, with the objective of determining the dimensions of the chamber, the analysis of thermal loads and the selection of final components for its operation. The study was framed as one of an application or technological type that proceeded by means of the VDI 2221 method, carrying out its validation by means of a simulation in the Solidworks software. The result was a 79,38 m³ with polyurethane insulation, where the fruit is stored in trays, which are placed on mobile trolleys, all of which added a thermal load of 31 460,00 BTU/h. Among the chosen components, the use of R134a refrigerant was considered, which replaces R-12 in new installations. Likewise, it was found that the highest incidence in the thermal load comes from the difference between the ambient temperature of the fruit and the freezing temperature, which could be optimized with a pretreatment.

Keywords: cold room, refrigeration, VDI 2221, blueberries, refrigerant.

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo y debido al crecimiento de la demanda internacional de productos alimenticios, la conservación de alimentos perecederos ha ido ganando importancia a nivel mundial. Aunado a esto, en los últimos años la humanidad ha pasado a tomar conciencia de la importancia de consumir alimentos orgánicos, lo que ha dotado a la agricultura orgánica de una importancia trascendental. Un ejemplo de ello es el incremento que ha tenido las exportaciones de arándanos, los cuales son considerados por algunos expertos como la fruta del siglo XXI, debido a los grandes beneficios que aportan a la salud.

En este sentido, el Perú se ha posicionado como uno de los principales países exportadores de arándanos, figurando como principales destinos países como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá y Hong Kong. Sin embargo, los arándanos son frutas con un proceso de descomposición muy acelerado, que se encuentra íntimamente ligado al aumento de temperaturas, por lo que es necesario poner en práctica sistemas de refrigeración casi inmediatamente después de la cosecha, con la finalidad de conservar la calidad del producto.

La presente iniciativa surge ante la necesidad de implementar un sistema de refrigeración eficiente para la conservación de frutas cosechadas. Este proyecto de investigación busca desarrollar una cámara frigorífica que permita a los productores brindar una atención oportuna a los productos, garantizando así su óptimo estado durante el almacenamiento. De esta manera, el presente trabajo se ha dividido en cinco capítulos, que describen en forma detallada el proceso y resultado de la investigación.

En el capítulo I se presenta la realidad problemática, a partir de la cual se formula el problema de investigación y los objetivos de esta, además, en este capítulo se expresa la justificación e importancia que adquiere la investigación. El capítulo II corresponde al marco teórico, que cuenta con una recopilación de antecedentes a nivel nacional e internacional, además contiene las bases teóricas necesarias para el desarrollo de la investigación y un apartado con la definición de términos básicos. Posteriormente, se presenta el capítulo III que describe la metodología aplicada durante el desarrollo de la investigación. El capítulo IV corresponde al

procesamiento y análisis y el diseño de la cámara frigorífica, en concordancia con los objetivos de la investigación. Finalmente, el capítulo V presenta la construcción, las pruebas y resultados de la investigación.

Para culminar el informe de tesis se establecen las conclusiones, se hacen recomendaciones para trabajos futuros y se presentan las referencias de las fuentes bibliográficas consultadas para el desarrollo del trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

La explosión demográfica que experimenta el planeta exige un aumento significativo en la generación de alimentos. Este fenómeno, que se manifiesta en un incremento exponencial de la población mundial, ha impulsado la necesidad de incrementar la producción agrícola y ganadera para satisfacer la creciente demanda de alimentos, la cual ha llegado a ascender a miles de millones de toneladas al año, la mayoría de las cuales son perecederas y requieren conservación. En este sentido, desde principios del siglo XXI, la elevada demanda internacional de productos agrícolas frescos ha llevado a elevar los niveles de producción y exportación, siendo fundamental la aplicación de estrategias para la preservación de dichos productos, lo que lleva al uso de instalaciones de almacenamiento en frío para mantener los productos frescos y evitar que los alimentos se estropeen produciendo pérdidas cuantiosas (1).

En particular, los arándanos son pequeños frutos que tienen enormes beneficios para la salud. Son ricos en antioxidantes que descomponen los ácidos grasos, aumentando el metabolismo energético del cuerpo, y además son muy bajos en calorías. Esta fruta actúa como diurético, estimulando la función renal y eliminando así el exceso de líquido, reducen la grasa corporal y protegen al organismo de peligrosas enfermedades metabólicas como el colesterol alto, la diabetes y las enfermedades cardíacas, por lo que, en los últimos años, el consumo de estos pequeños frutos se ha incrementado a nivel mundial (2).

Debido a sus ricos recursos hidrobiológicos, el Perú se encuentra catalogado como uno de los países con mayor producción de arándanos, con 2.500 hectáreas de cultivo, distribuidas en las regiones de La Libertad, Áncash, Lima, Ica, Piura, Cajamarca y Arequipa. Es así que, para el año 2015, Arequipa fue la séptima región exportadora de arándanos, precedida por las regiones de La Libertad, Áncash, Lima, Ica, Piura y Cajamarca (3). Al respecto, la Sociedad de

Comercio Exterior del Perú señala que, para el año 2021, el Perú se posicionó como líder en la exportación de arándanos, con una representación del 25,2% del total comercializado a nivel mundial, esto representó un monto de US\$ 1 187 millones, con lo cual alcanzó un crecimiento promedio anual del 70% (4).

Ahora bien, la conservación de los arándanos depende en gran medida del manejo de la temperatura, puesto que las pérdidas provocadas por la disminución de peso a causa de la deshidratación de la fruta pueden llegar a ser muy grandes, sin mencionar otros problemas asociados, como pudrición, ablandamiento o disminución del valor comercial. La temperatura ideal para el almacenamiento de los arándanos varía de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, que permite mantener la fruta en condiciones óptimas por, al menos, dos semanas, evitando la deshidratación y la propagación de hongos (5).

Con base a lo anteriormente dicho y con la finalidad de incentivar la producción de este fruto que se traduce a beneficios al país, el proyecto pretende utilizar conceptos de ingeniería mecánica como transferencia de calor, termodinámica, elementos de máquinas, así como una visión general de las normas técnicas peruanas (NTP) para equipos de refrigeración, normas ASHRAE, ARI y selección de equipos para realizar el diseño de una cámara frigorífica con capacidad de 2000 kg para la refrigeración de arándanos.

1.1.2 Formulación del problema

A) Problema general

¿Cómo diseñar una cámara frigorífica con capacidad de 2 000 kg para la refrigeración de arándanos en la ciudad de Arequipa?

B) Problemas específicos

- ¿Cuáles son las dimensiones de la cámara frigorífica con capacidad de 2 000 kg de acuerdo con el espacio disponible?
- ¿Cuál es la carga térmica necesaria para la cámara frigorífica de acuerdo con las propiedades del producto?

- ¿Cuáles son los componentes necesarios para el funcionamiento de la cámara frigorífica?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar una cámara frigorífica con capacidad de 2 000 kg para la refrigeración de arándanos en la ciudad de Arequipa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Dimensionar la cámara frigorífica con capacidad de 2 000 kg de acuerdo al espacio disponible.
- Determinar la carga térmica necesaria para la cámara frigorífica de acuerdo a las propiedades del producto.
- Seleccionar componentes necesarios para el funcionamiento de la cámara frigorífica.

1.3 Justificación e importancia

Esta investigación encuentra su importancia en el hecho de que permite dar a conocer los aspectos técnicos necesarios para que los productores de arándanos puedan mantener la calidad del producto y seguir posicionando al Perú entre los primeros países exportadores de este fruto. De esta forma, la justificación de la investigación se ve sustentada de la siguiente manera:

1.3.1 Justificación tecnológica

Este estudio establece una base para futuros investigadores, cuyos objetivos sean similares, proporcionando, de esta manera, una metodología de aplicación que identifique los objetos y problemas que puedan surgir, de manera que se puedan realizar mejoras con nuevas tecnologías o procesos basados en las necesidades del mercado, las características y las condiciones del producto al que se van a aplicar.

1.3.2 Justificación económica

El almacén frigorífico propuesto reducirá los costes de funcionamiento y

mantenimiento y facilitará el almacenamiento de productos. Además, se reducirán las pérdidas debidas al almacenamiento inadecuado, que son habituales debido a la velocidad de descomposición de los arándanos, obteniendo así, mayores beneficios económicos.

1.3.3 Justificación social

Este proyecto beneficiará tanto a los productores como a los clientes, ya que busca asegurar una buena calidad del producto a partir del momento en que este es cosechado hasta su llegada al consumidor final.

1.3.4 Justificación ambiental

Este sistema de refrigeración pretende reducir el consumo de energía, minimizando el uso de gases contaminantes y utilizando una tecnología de refrigeración respetuosa con el medio ambiente a través de una elección acertada de componentes, refrigerantes y el uso de equipos eléctricos de alta calidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

En Costa Rica, Salazar (6) realizó una investigación llamada “Diseño de una cámara de congelación para el almacenamiento de productos cárnicos en el Hotel Baldi Hot Springs durante temporada alta” cuyo objetivo fue una propuesta de un sistema mecánico de refrigeración por compresión considerando el R-507 como gas refrigerante. El diseño estuvo basado en las especificaciones de la norma ASHRAE 2010 y los parámetros dispuestos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), disposiciones técnicas del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismos (INVU) y el Manual de Disposiciones Técnicas generales sobre la seguridad humana y protección contra incendios de la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. El resultado de la investigación dio a lugar a una cámara frigorífica de 13,5 m de largo, 9,5 m de ancho y 3 m de altura y una carga térmica de 31,3 kW. Se concluyó que, la elección adecuada de los componentes que conformarán el sistema de refrigeración y la preparación de un plan de mantenimiento preventivo permitiría extender la vida útil de la cámara frigorífica.

En Colombia, Moratón (7) en su investigación “Diseño de la instalación frigorífica y el sistema de control de tres cámaras para la conservación de limón” cuyo objetivo fue el cálculo y dimensionamiento de una sala de refrigeración con tres cámaras, a base de amoníaco, para ser usada en la conservación de limones. Los cálculos realizados demostraron que la carga térmica total del sistema era de 65,09 kW y una potencia de 86,79 kW, para el proyecto se seleccionó un refrigerante R7171. Finalmente, entre los componentes de la cámara frigorífica seleccionados se mencionan un compresor abierto de tornillo, un evaporador modelo GNHB-4650 y un condensador modelo NEK 1400. Se concluyó que, el diseño realizado representaba una solución teórica ya que su instalación requiere de variadores de frecuencia que permitan controlar los arranques y velocidades de los compresores, de forma tal que se incrementara la eficiencia

del sistema.

En México, Palafox (8) presentó una tesis de grado titulada “Diseño de una cámara frigorífica para la conservación de elote (*Zea Mays*) en la comunidad de San Pedro Peralta”, el trabajo tuvo como objetivo principal ejecutar un diseño de una cámara frigorífica tipo obra, para conservar elote. Para esto se utilizó la metodología de balance térmico, tomando en consideración las condiciones de conservación del producto, tales como, temperatura y humedad relativa. Como resultado se obtuvo una cámara de 7,34 x 6,74 m, con una carga térmica total de 11 020,51 W, para lo cual es necesario un compresor de al menos 18 183,84 W, entre los componentes seleccionados para la instalación de la cámara frigorífica se pueden mencionar un agente refrigerante R-404^a, un compresor Scroll MLZ058 con capacidad nominal de 16 000 Btu/h – 79 000 Btu/h, una unidad condensadora marca Optyma modelo OP-HRU058D y un evaporador EVC 5 – 403/100 con tres ventiladores y capacidad frigorífica de 22 186 Kcal/h. Se concluyó que, el conocimiento de los conceptos básicos de un sistema de refrigeración ayuda a realizar el diseño de una cámara frigorífica, además de la selección de los componentes del mismo, para lograr una mejor conservación de los alimentos.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En el ámbito Nacional, Quispe (1) presentó una tesis titulada “Diseño de una cámara frigorífica para el congelamiento y conservación de productos en el mercado La Chavela, en el distrito de Miraflores” con el objetivo principal de realizar el diseño de una cámara frigorífica para congelar y conservar productos. La investigación fue de tipo descriptiva con enfoque cuantitativo. La cámara resultante obtuvo un área de 168,33 m² y una carga térmica de 26,94 kW, para la que se seleccionó el gas refrigerante R407F. En conclusión, los ensayos realizados al sistema diseñado arrojaron un ahorro del consumo energético de al menos el 8% y la reducción de emisiones de CO₂, comparado a otros gases refrigerantes.

En la tesis de Díaz y Zapata (9) titulada “Diseño de una cámara frigorífica para

la refrigeración de 3 toneladas de pescado en el mercado zonal de Lambayeque”. El objetivo principal fue realizar el diseño de un sistema de refrigeración mecánica por compresión de vapor de una etapa. La investigación fue descriptiva – propositiva, con enfoque cuantitativo y diseño tecnológico. Para la selección de la muestra se empleó un muestreo no probabilístico, resultando como objeto de estudio el mercado modelo de Chiclayo. Como resultado se obtuvo el diseño de una cámara frigorífica con un volumen de 43,93 m³, una carga térmica de 0,832 kW, el refrigerante seleccionado fue el R-717 capaz de proporcionar un rendimiento termodinámico de 3 – 10 % y un consumo energético menor. Se concluyó que, al implementar la cámara frigorífica diseñada, se incrementarán las cantidades de pescado transportadas, además de elevar las cantidades de productos depositadas en el almacén, reduciendo así los costos de materia prima.

En la tesis de Vázquez (10) titulada “Diseño de cámara frigorífica de 1 500 toneladas para la conservación de productos hidrobiológicos congelados a una temperatura de -20 °C en la empresa Arcopa S.A – Paita”, el objetivo principal fue obtener el diseño de una cámara frigorífica con capacidad de 1 500 toneladas. La investigación conto con un diseño no experimental con enfoque mixto. Como resultado de los cálculos realizados se obtuvo una cámara frigorífica de 24 055,92 pie² con una potencia de 69,12 kW, el gas refrigerante seleccionado fue R507, con un compresor modelo HSN 7461-70-40P, asimismo se seleccionó un evaporador modelo S-GHN071.2H/310-HHL50.M y un condensador modelo GVH090.4D/2-NL.M. como conclusión se tiene que, el diseño obtenido resulta adecuado para la empresa, con una inversión inicial de S/ 726 776,70.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Arándanos

Los arándanos (*Vaccinium corymbosum L.*) son pequeñas bayas de color azul oscuro o rojo conocidas por su elevado contenido de antioxidantes y los diversos beneficios que aportan a la salud. Además, numerosos estudios le han atribuido la propiedad de prevenir enfermedades como las infecciones del tracto urinario,

las enfermedades del corazón, los problemas gastrointestinales y el cáncer (11).

Hay que mencionar, además, que la principal característica fisiológica de los arándanos es su comportamiento respiratorio climatérico, esta provoca un incremento respiratorio al llegar la madurez, comportamiento que se encuentra fuertemente influenciado por la temperatura (12). En la tabla 1 se muestra cómo se comporta la respiración del fruto a diferentes temperaturas.

Tabla 1. Respiración del arándano a diferente temperatura.

| Temperatura (°C) | Respiración (mL CO ₂ / kg por h) |
|------------------|---|
| 0 | 3 |
| 10 | 9 |
| 20 | 34 |

Fuente: Adaptado de Defilippi et al. (12).

Lamentablemente, los arándanos, por ser una fruta tan pequeña, tienen mayor susceptibilidad a la pérdida de agua que otras frutas de mayor tamaño, lo que los hace propensos a alcanzar muy rápidamente el estado de sobre – madurez, el cual se encuentra asociado a un exceso de ablandamiento, pérdida de sabor y de color. Para evitar que esto suceda se debe reducir la temperatura casi inmediatamente después de la cosecha, a fin de conservar su calidad óptima por un periodo de tiempo más prolongado (13).

2.2.2 Manejos de cosecha de arándanos

La forma en que se maneja la fruta al momento de la cosecha define el potencial de duración de esta. En primer lugar, se debe seleccionar el momento adecuado para la cosecha, tomando como referencia el color de la fruta. Esta debe estar de color azul, ya que las frutas cosechadas antes de alcanzar dicho color desarrollarán una calidad organoléptica inferior. Asimismo, se deben considerar las medidas necesarias para disminuir daños provocados por golpes, exposición a altas temperaturas y exceso de manipuleo. Además, se debe llevar un control de la cantidad de fruta que se coloca en los contenedores, ya que si estos son sobrellenados puede producir daño por compresión y dificultad de enfriamiento

(12).

2.2.3 Manejo de postcosecha de arándanos

El punto crítico para prolongar la vida de los arándanos es la temperatura, la cual debe controlarse a partir del momento de la cosecha, garantizando el rápido desplazamiento a los sitios de embalaje con control de temperatura. Una vez embalados, es necesario implementar sistemas eficientes de remoción de calor que permitan alcanzar una temperatura que oscile entre 0 °C y 1 °C. Luego de haber alcanzado la temperatura ideal para el almacenamiento y transporte, es imperativo que la cadena de frío se mantenga para evitar alzas de temperatura. un manejo adecuado en la post cosecha garantiza una duración mínima de 14 días en condiciones de calidad óptima (12).

2.2.4 Cámara frigorífica

Las cámaras frigoríficas son equipos de frío fundamentales para el sector alimenticio, ya que permite la conservación eficiente de productos en grandes cantidades, logrando mantener sus propiedades orgánicas y evitar la pérdida de materia prima, por ende, favorece el crecimiento industrial (14).

Técnicamente, se puede definir a la cámara frigorífica como un recinto de aislamiento térmico, que contiene materia prima para extraer su energía térmica, y que tiene la capacidad de conservar productos perecederos mediante la recirculación de aire frío. Por lo tanto, este equipo tiene como objetivo primordial es el almacenamiento y conservación de materias primas en condiciones inocuas, a fin de que estas no pierdan su valor comercial (9). En la figura 1 se puede observar un diagrama de las partes que componen una cámara frigorífica.

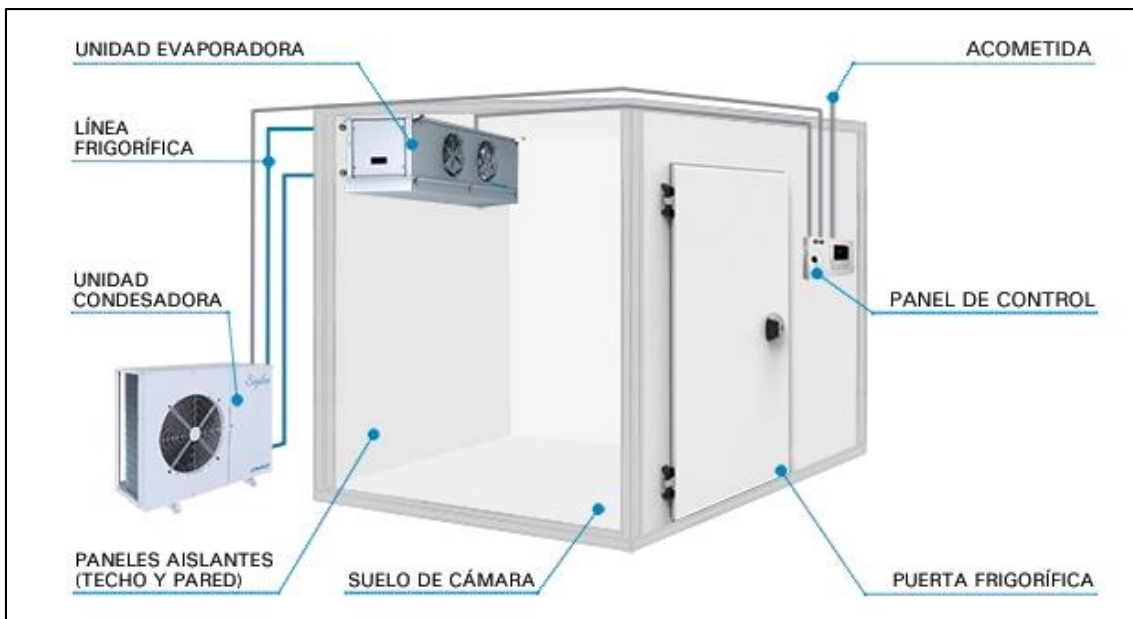


Figura 1. Partes de una cámara frigorífica.

Fuente: Tomado de Díaz y Zapata (9)

2.2.5 Tipos de cámara frigorífica

2.2.5.1 Cámaras refrigerantes

También conocidas como cámaras frigoríficas de temperatura positiva. Son espacios en los que la temperatura varía de 0 °C a 10 °C, y son usados principalmente para conservar alimentos frescos, como frutas y verduras, ya que así se puede mantener la humedad necesaria de los mismos (15).

2.2.5.2 Cámaras congeladoras

También conocidas como cámaras frigoríficas de temperatura negativa. La temperatura de este tipo de cámaras se encuentra dentro de un rango promedio de 0 °C y -28 °C, su diseño está pensado para congelar los productos almacenados conservando la humedad atmosférica y la temperatura (15).

2.2.5.3 Abatidores de temperatura

Son sistemas diseñados para lograr una reducción rápida de la temperatura de los productos, disminuyendo, de esta manera, el riesgo de contaminación y favoreciendo su conservación (15).

2.2.5.4 Túneles de congelación

Estos equipos tienen la función de servir como sistemas de desplazamiento con corrientes de frío intenso que permiten que el producto desplazado se congele de forma individual. Las temperaturas en este tipo de sistemas se encuentran por debajo de los $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (15).

2.2.6 Componentes de una cámara frigorífica

Los componentes básicos de una instalación frigorífica por compresión mecánica se ven representados en la figura 2.

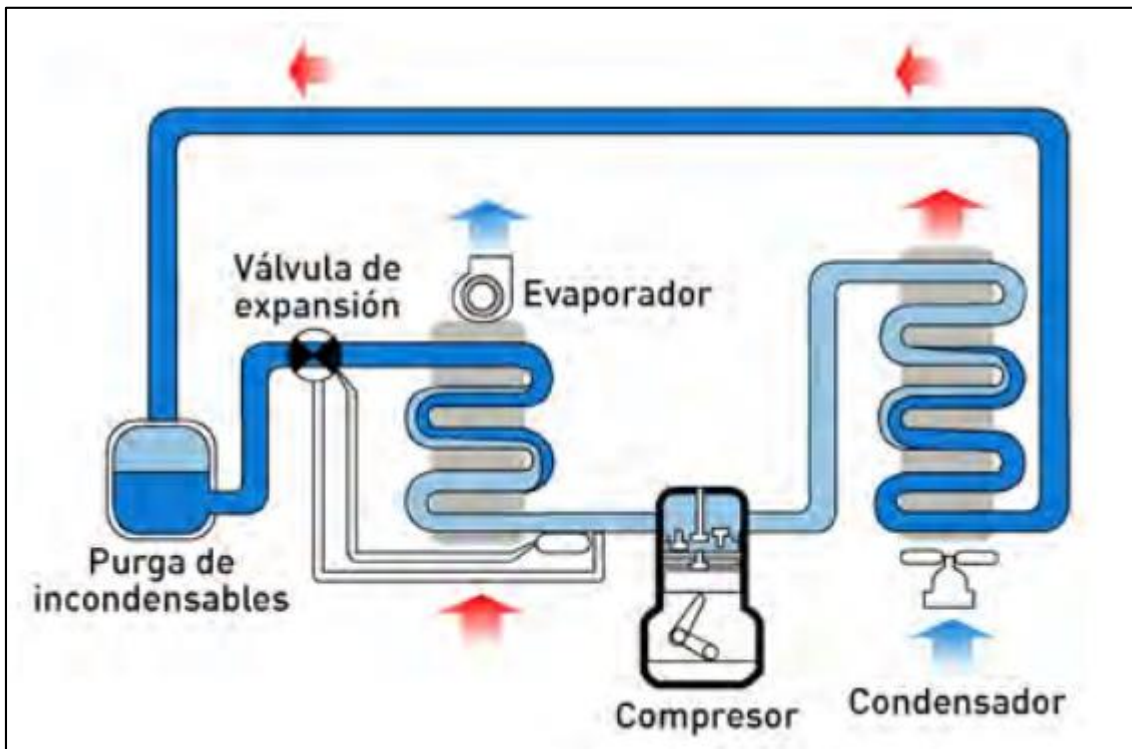


Figura 2. Ciclo de refrigeración por compresión mecánica de vapor

Fuente: Tomado de Palafox, 2020.

2.2.6.1 Compresor

El compresor se considera como el órgano más importante de una instalación frigorífica, este se encarga de recibir el gas refrigerante proveniente del evaporador a través de la válvula de operación. Una vez el gas ha entrado en el

condensador, este se encarga de comprimirlo con la ayuda de un pistón para luego expulsarlo hacia el condensador (6).

2.2.6.2 Condensador

Los condensadores son los dispositivos que se encargan de la transferencia de calor absorbido en el evaporador y durante la fase de compresión del ciclo de refrigeración. Esto se hace condensando el refrigerante del compresor. Hay tres tipos de condensadores: refrigerados por aire, por agua y evaporativos (6).

2.2.6.3 Válvulas de expansión

Entre las funciones de las válvulas de expansión se pueden mencionar las siguientes:

- Regula las cantidades del refrigerante que ingresan en el evaporador.
- Se ocupa de regular la presión en los extremos de la propia válvula.
- Actúan como punto de transición entre la presión alta y la presión baja.

Existen varios tipos de válvulas. Las más comunes son las válvulas manuales, las válvulas capilares, las válvulas de expansión termostática y las válvulas de flotador (6).

2.2.6.4 Evaporador

El evaporador actúa como un intercambiador de calor a través del cual el refrigerante fluye sufriendo un cambio del estado líquido al estado gaseoso. Al cambiar de estado, el refrigerante adquiere la capacidad de absorber el calor sensible acumulado alrededor del evaporador, por lo que el gas que sale del evaporador tiene mucha más energía interna al aumentar su entalpía, y así se produce el fenómeno de enfriamiento (6).

La circulación del refrigerante en estado líquido se controla por medio de una válvula de expansión o un dispositivo que provoca una caída súbita de la presión en la entrada del evaporador. En los sistemas de expansión directa, esta válvula libera una fina combinación de líquido y vapor con poca presión y temperatura. Gracias a los atributos termodinámicos de los gases refrigerantes, la caída de

presión se asocia a un cambio en el estado de agregación y, sobre todo, a un descenso de la temperatura del refrigerante (6).

Así, el evaporador toma el calor sensible del refrigerante a enfriar y lo convierte en calor latente, que se transforma en el estado gaseoso del refrigerante. Este calor latente se disipará en otro intercambiador de calor del sistema de refrigeración por compresor, llamado condensador, donde se produce el cambio de estado agregado inverso, es decir, del estado gaseoso al estado líquido (6).

2.2.7 Refrigeración

La refrigeración es definida, generalmente, como aquel proceso en el que se produce la extracción de calor de un cuerpo. La refrigeración es una rama de la ciencia que se ocupa de los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de una habitación o material a un nivel inferior al de la temperatura ambiente correspondiente. En este proceso, el calor se toma del cuerpo que se quiere enfriar y se transfiere a un cuerpo con una temperatura inferior a la del cuerpo que se quiere enfriar. Dado que el calor extraído del cuerpo que se enfría se transfiere al otro cuerpo, está claro que el enfriamiento y el calentamiento son, de hecho, las caras opuestas de un mismo proceso (10).

2.2.8 Refrigerantes

Se llama refrigerante a todo cuerpo o sustancia que absorbe el calor de otro cuerpo o sustancia permitiendo una disminución de la temperatura. En el caso de un ciclo de compresión de vapor, el refrigerante es el líquido impulsor del ciclo, que es vaporizado y condensado de manera alternativa, absorbiendo y liberando calor respectivamente. Para que un refrigerante pueda ser utilizado en el ciclo de compresión de vapor, debe tener ciertas características químicas, físicas y termodinámicas que hagan que su uso sea seguro y económico (7). Entre las características más importantes se mencionan las siguientes:

- **Características termodinámicas:** Para ser usados como refrigerantes, los elementos deben poseer una elevada capacidad de absorber y ceder energía térmica. Lo que quiere decir que el efecto de masa del refrigerante que circula

es mayor (7).

- **Baja temperatura de congelación:** La sustancia usada como refrigerante debe tener una baja temperatura de congelación, ya que si se alcanza el punto de congelación sería necesaria una potencia muy alta para el proceso de compresión (7).
- **Temperatura de evaporación positiva:** La presión en el evaporador debe ser superior a la presión atmosférica, esto evitará la entrada de aire en el sistema (7).
- **Presión de condensación relativamente baja:** es importante mantener esta condición puesto que, de lo contrario, se necesitarían tuberías y equipos costosos (7).
- **Características físicas, químicas y alta fuerza dieléctrica del vapor:** Hace posible el uso de compresores herméticos donde el vapor puede entrar en contacto con los devanados del motor (7).

2.2.9 Aislamiento térmico

Los aislantes es cualquier material que, en determinadas condiciones de temperatura, presentan resistencia a la transferencia de calor. Se puede considerar que un aislante de buena calidad es aquel que reúne las siguientes características: Alto rendimiento térmico: es decir, debe tener una baja conductividad térmica, no inflamable, no corrosivo, tener una baja absorción y poca retención de agua, ser ligero, tener suficiente resistencia mecánica y ser económico (7).

2.2.10 Cargas térmicas

La carga total de una cámara frigorífica es la cantidad total de calorías que deben ser extraídas con la finalidad de conservar la temperatura deseada (16).

2.2.10.1 Ganancia de calor a través de las paredes

Esta depende, principalmente, del área que ocupa la superficie total externa de la cámara, nevera o recipiente, el material aislante utilizado y la diferencia existente entre la temperatura externa y la temperatura interna. Una vez calculada el área total de superficie exterior y el espesor del aislamiento que

estará recubriendo la cámara, se procede a determinar el coeficiente de transmisión K del aislante usado (16), empleando la tabla 2.

Tabla 2. Coeficiente K de transmisión de materiales aislantes

| Espesor (mm) | Corcho | Fibra de vidrio | Frig. /h/m ² /°C | | | Lana Mineral |
|-----------------|--------|--------------------|-----------------------------|-------------|------|-----------------|
| | | | Poliestireno | Poliuretano | | |
| 50 | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,40 | 0,78 | |
| 75 | 0,54 | 0,49 | 0,40 | 0,27 | 0,52 | |
| 100 | 0,40 | 0,37 | 0,30 | 0,20 | 0,39 | |
| 125 | 0,32 | 0,29 | 0,24 | 0,16 | 0,31 | |
| 150 | 0,27 | 0,19 | 0,15 | 0,10 | 0,19 | |

Fuente: Adaptado de Rodríguez (17).

La cantidad de frigorías por día se obtiene aplicando la ecuación 1.

$$S \times K \times (T - t) \times 24 \text{ horas} = \text{frigorías en 24 horas por ganancia de calor por paredes} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

S: Superficie exterior de la cámara.

K: coeficiente de transmisión del aislante.

(T-t): diferencia de temperatura.

2.2.10.2 Ganancia de calor por servicio

Se trata de la cantidad de calor que entra a la cámara debido al número de veces que las puertas son abiertas. Al no ser un dato sencillo de determinar se han establecido porcentajes de ganancias de calor por aberturas de puertas que dependen del tipo de cámara, estos porcentajes (tabla 3) son calculados sobre el valor de ganancias de calor de paredes (16).

Tabla 3. Porcentajes de ganancias de calor por servicio.

| Tipo | Porcentaje |
|-----------------------------------|-------------------|
| Grandes cámaras de conservación | 10 % |
| Para detallistas | 25 % |
| Restaurantes, bares y pastelerías | 40 % |

Fuente: Adaptado de Rodríguez (17).

2.2.10.3 Ganancia de calor debido a motores eléctricos

Este término toma en cuenta las ganancias de calor aportadas por los motores y los ventiladores del sistema. Sabiendo entonces que un caballo de vapor es equivalente a 633 kilocalorías a extraer por hora, la ganancia de calor resulta de la multiplicación de la potencia en CV del motor encargado de mover el ventilador obteniendo las frigorías que deben ser aportadas a las ganancias de calor totales resultantes por hora (16).

2.2.10.4 Ganancia de calor por producto almacenado

La obtención de este valor va condicionada a los siguientes factores:

- Cantidad en kilogramos de producto que ingresa cada día a la cámara.
- Diferencia entre la temperatura de entrada y la temperatura interna.
- Calor específico del producto que ingresará a la cámara.

Una vez obtenidos estos datos, se procede a calcular el producto de los mismos, tal como se puede observar en la ecuación 2 (16).

$$\text{Kilogramos} \times (T - t) \times \text{Calor específico} \quad (\text{Ec. 2})$$

2.2.10.5 Ganancia de calor por reacción y renovación de aire en frutas y verduras

Al momento de conservar frutas y verduras se debe tener en cuenta que estas son elementos vivos, que se encuentran sujetos a cambios a lo largo de su almacenamiento. De esta manera se procede a calcular las ganancias de calor por unidad de masa de producto por día, tal como se indica en la ecuación 3 (17).

$$\text{Kilogramos} \times \text{coeficiente de respiracion en frig./día} \times \text{kg} \quad (\text{Ec. 3})$$

De igual manera, el sistema debe estar dotado de cámaras de renovación de aire que impida la acumulación de gases a lo largo del ciclo de vida. Bajo este concepto se calculan las ganancias de calor utilizando la ecuación 4 (16).

$$\text{Volumen de la cámara en m}^3 \times 4 \text{ renovaciones} \times 20 \text{ frig./día} \times \text{m}^3 \quad (\text{Ec. 4})$$

2.2.10.6 Obtención de la carga total

Finalmente, se realiza una sumatoria de cada uno de los datos obtenidos anteriormente, como se indica en la ecuación 5 (16).

$$\begin{aligned} & \text{Ganancias de calor por paredes} + \text{ganancias de calor por servicio} \\ & + \text{ganancia de calor por cargas} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 5})$$

2.2.11 Dimensionamiento de la cámara de refrigeración

Volumen de la cámara: se debe tomar en cuenta 3 aspectos importantes como son:

- Peso específico del contenido
- Pasillos de circulación
- Espacio libre entre producto y el techo o cielo raso

A partir del peso del producto es posible estimar el volumen requerido para su almacenamiento según la siguiente expresión:

$$V_{\text{almacenamiento}} = \frac{\text{cantidad de producto}}{\text{Peso específico}} \quad (\text{Ec. 6})$$

De manera similar, la superficie requerida para tal cantidad de producto almacenado se puede obtener al operar los siguientes términos:

$$\text{Superficie} = \frac{V_{\text{almacenamiento}}}{\text{Altura segun estibaje}} \quad (\text{Ec. 7})$$

Respecto al espacio entre los productos y el techo, se recomiendan los valores mostrados en la tabla 4, según la cual, este valor depende del tipo de estibaje.

Tabla 4. Altura según tipo de Estibaje

| Estibaje | Altura (Z) |
|--------------------------|-------------------|
| Manual | 3 m |
| Por cinta transportadora | 5 m |
| Por auto elevadores | 7 m |

2.3 Definición de términos básicos

- **Alimento conservado por el frío:** Es aquel que, después de haber sido sometido a un proceso de refrigeración o congelación, es envasado y almacenado en condiciones adecuadas (10).
- **Calor:** es definido como una energía en tránsito, que fluye desde un cuerpo con mayor temperatura a otro con una temperatura menor. A menudo, esta transferencia de energía produce un trabajo (18).
- **Cámara frigorífica:** se trata de un espacio de grandes dimensiones destinado al almacenamiento de alimentos perecederos tales como carne, pescado o frutas. El uso de estos espacios tiene como finalidad la conservación del color, la textura, el sabor y el olor de los alimentos que ingresan (10).
- **Conducción:** Se define como la capacidad de transferir energía desde las partículas más energéticas contenidas en una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas. Este proceso se puede dar en sólidos, líquidos o gases (7).
- **Gas refrigerante:** Es un compuesto que tiene la capacidad de absorber el calor del ambiente. Dicho compuesto, combinado con componentes adecuados, tales como compresores y evaporadores, da como resultado un sistema de refrigeración (6).
- **Humedad:** esta se define como la cantidad de vapor de agua contenido en una unidad de volumen de aire atmosférico (10).
- **Temperatura:** Es una magnitud que expresa el nivel térmico o el calor poseído por un cuerpo (10).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

A continuación, se presenta la metodología empleada para lograr el diseño de la cámara frigorífica y el logro de los objetivos planteados.

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo tecnológica, la cual orienta la aplicación del conocimiento técnico para la perfección de los métodos productivos o cualquier otro que transforme la realidad (19). Bajo ese contexto, se utiliza en ella un enfoque cuantitativo, dado que se encuentra orientada a establecer una serie de conductas y la prueba de teorías por medio de recolección de datos para analizar la veracidad de hipótesis basándose en un contexto específico partiendo de la medición estadística y numérica (20).

El diseño del estudio es no experimental, de corte transversal, en vista de que las variables de la investigación no serán manipuladas (21). Es decir, se realizará el diseño de un sistema de ventilación más éste no será construido para comprobar el efecto que se puede lograr sobre el producto.

3.1.2 Metodología

El procedimiento para el diseño de la cámara frigorífica se basará en la norma VDI 2222, el cual inicia con el análisis de los aspectos que permitan identificar el problema y asumir, de forma crítica, los requerimientos y exigencias del proyecto. Esto se resume de forma gráfica en la figura 3.

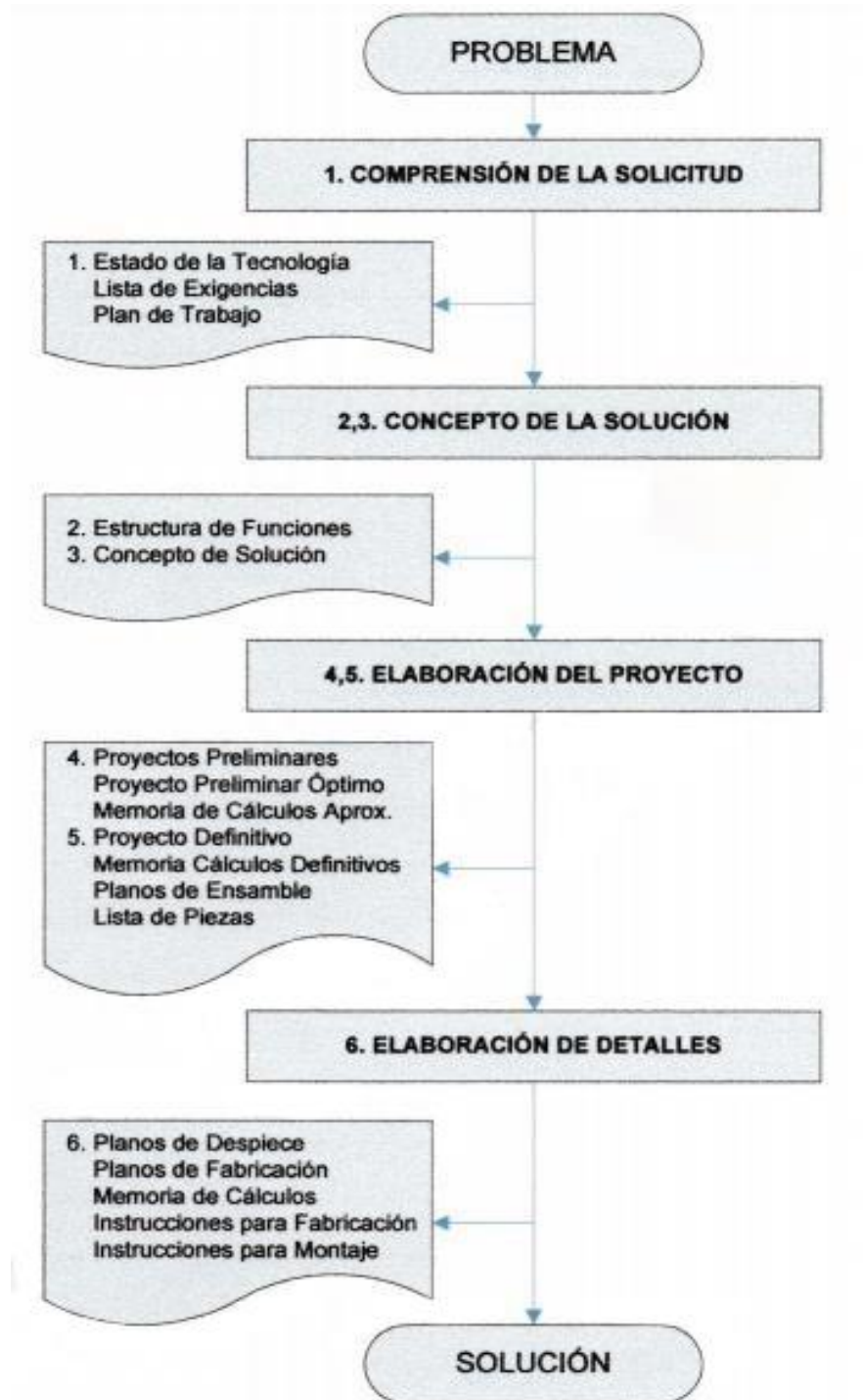


Figura 3. Método de diseño y sus fases

Fuente: Sigüenza y Chumioque (22).

a) Comprensión de la solicitud:

- Considerar el propósito fundamental de diseño a realizar, planteando las exigencias que se deben cumplir, lo que se debe sustentar en el análisis de referencias de la tecnología asequible.
- Comprende también la información proporcionada por el cliente, clasificada como exigencias o deseos que se deben satisfacer con la solución.

- Lista de exigencias

Los datos para el diseño se recopilan a partir de una circunstancia, un desafío o un conjunto de solicitudes específicos. En este primer apartado preparamos: la solicitud y creación de un sistema tecnológico clasificado y cuantificado.

➤ Visión crítica del problema

Con frecuencia, la información proporcionada en los pedidos presenta deficiencias como falsedades, datos incompletos, inexactitudes, contradicciones e incluso falta de claridad. Para enfrentar estas situaciones de manera efectiva, es crucial realizar un análisis profundo del asunto, basándose en los detalles necesarios para evaluar la necesidad de forma certera. En esta etapa, es fundamental evitar errores, duplicaciones y el incumplimiento de plazos de entrega. De esta manera, se previenen tanto los retrasos como los altos costos económicos y legales que pueden surgir por problemas relacionados con la información incompleta o inexacta.

➤ La experiencia del solicitante con respecto al diseño es fundamental para que el diseñador pueda crear un producto final que cumpla con sus expectativas. Es esencial que ambas partes se reúnan para discutir las ideas y posibilidades, y así definir las características del diseño de manera clara y precisa.

➤ Evaluar la viabilidad de ejecución, la viabilidad de llevar a cabo un proyecto se manifiesta desde dos perspectivas: técnica y económica. La perspectiva técnica se refiere a la gestión y el

conocimiento en ingeniería, tecnología y ciencias. En cuanto a la perspectiva económica, se trata del uso de recursos humanos (expertos) y materiales necesarios para obtener resultados positivos.

- Cumplir con los requisitos, organizarlos y priorizarlos, en esta fase del diseño (especificar el problema), es necesario organizar y finalizar la información recopilada del cliente en relación con las condiciones que el diseño debe cumplir. Este proceso se lleva a cabo principalmente en dos etapas:

Deseo: cuando es solo una aspiración sin impacto tangible y no se alinea con los objetivos del diseño. Si es preciso, las expectativas pueden categorizarse como altas, moderadas o insignificantes. Para asegurar que no se omitan detalles, se deben emplear diversos métodos; por ejemplo, encuestas, listas de verificación, estudios de mercado o guías para elaborar la lista de requisitos.

Requisito: son las condiciones que deben ser satisfechas sin excepción. Si alguna característica marcada como R no se cumple, el diseño del producto se considera inaceptable.

Organización de los requisitos: En primer lugar, se establece la función principal, donde se listan los requisitos fundamentales y sus características para el objeto de diseño. Sólo si es necesario, dividir en subsistemas, grupos funcionales o conjuntos reconocibles, y clasificar estos subsistemas según sus características clave. Luego, se colocan el resto de las necesidades en su lugar correspondiente. Para ello, podemos emplear las directrices para elaborar la lista de requisitos que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Lista de requisitos

| | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| LISTA DE EXIGENCIAS | | EDICIÓN: | Página de _ |
| PROYECTO | | CLIENTES | Fecha: |
| | | | Autor: |
| Características | Deseo o Exigencia | Descripción | Responsable |
| | | | |

Fuente: Barriga Gamarra, 1985.

- Detallar la lista de requisitos

Al concluir esta etapa del diseño, el producto debe contar con todos sus requisitos organizados y clasificados. La lista de requisitos debe estar documentada en papel, y las partes de la empresa involucradas en el proyecto, así como en la gestión, deben participar en su redacción.

- Plan de trabajo.

El objetivo de este paso es elaborar un plan de trabajo preliminar para la metodología de diseño y los escenarios tanto de la fase de desarrollo como de la complejidad del problema y sus requisitos. Esto implica asignar recursos humanos y materiales para llevar a cabo el diseño. Generalmente, es suficiente con crear un diagrama de barras (diagrama de Gantt). Además, es necesario evaluar el costo del diseño en función de las actividades a realizar, y en ocasiones se debe prever hasta la producción, diseño de prototipos y pruebas asociadas para iniciar la producción en serie. En todos los casos, el costo se refiere únicamente al costo principal.

b) Concepto de solución:

- Como punto inicial, se debe identificar la zona en la cual será implementada la solución, resaltando su ubicación geográfica. Así mismo, comprender los requerimientos funcionales que deben ser considerados.
- A partir de ello se plantean distintas soluciones para el problema, valorando aspectos técnicos y económicos para seleccionar la que mejor se ajusta a la realidad problemática.

- Se determina también la estructura de funciones, las tareas y elementos de la ingeniería de la solución.
- Se presentan los diagramas de caja negra y caja blanca, que permiten visualizar todos los elementos externos e internos a considerar en el diseño de la cámara frigorífica. Se puede ver en la figura 4.



Figura 4. Modelo de caja negra

Fuente: Barriga Gamarra, 1985.

- Una vez definidos los modos de acción, se determinan los portadores de dichas acciones, y se conforma la matriz morfológica de funciones. Las combinaciones resultantes deben evaluarse utilizando un enfoque técnico (seguridad, complejidad, uso de energía, entre otros) y económico (costo de materiales, de fabricación, de montaje, de mantenimiento, entre otros). La opción mejor calificada es la que prosigue a la fase de diseño y elaboración del proyecto.

- El modelo de la matriz morfológica se presenta a continuación en la figura 5. La secuencia a seguir comienza en la parte superior y avanza hacia abajo, pasando de una función a otra y tomando el camino de la solución. Este recorrido estará indicado por una flecha, tal como se muestra en la figura 5.

| Funciones Parciales (o elementales) | | Alternativas de efectos, de portadores, de principios de solución, de formas, de grupos funcionales, de bloques funcionales | | | | | |
|-------------------------------------|--|---|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | n |
| 1 | | S ₁₁ | S ₁₂ | S ₁₃ | S ₁₄ | | S _{1n} |
| 2 | | S ₂₁ | S ₂₂ | S ₂₃ | S ₂₄ | | S _{2n} |
| 3 | | S ₃₁ | S ₃₂ | S ₃₃ | S ₃₄ | | S _{3n} |
| 4 | | S ₄₁ | S ₄₂ | S ₄₃ | S ₄₄ | | S _{4n} |
| ⋮ | | | | | | | |
| n | | | | | | | |

solución 2
solución 1
solución 3

Figura 5. La matriz morfológica, curso de actualización.

Fuente: Método de diseño de Ingeniería Mecánica

- Se asignan valores a "g" y "p", en base a estos valores es el enfoque más óptimo de acuerdo con los requisitos técnicos, lo que lleva a los resultados que se muestran en la Figura 6, que representa el modelo de evaluación técnica.

| Variantes de concepto/proyecto | | Solución 1 | | | Solución 2 | | Solución 3 | | Sol. Ideal | |
|--------------------------------|-------------------------|------------|---|----|------------|----|------------|----|------------|----|
| | | S1 | | | S2 | | S3 | | S ideal | |
| N° | Criterios de evaluación | g | p | gp | p | gp | p | gp | p | Gp |
| 1 | | | | | | | | | 4 | |
| 2 | | | | | | | | | 4 | |
| 3 | | | | | | | | | 4 | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| n | | | | | | | | | 4 | |
| Puntaje $\sum p$ | | | | | | | | | | |
| Valor técnico | | | | | | | | | | |

Figura 6. Evaluación del valor técnico Listado del valor técnico.

Fuente: Método de diseño de Ingeniería Mecánica

- Se asignan valores a "g" y "p" y en base a estos valores se procede con los criterios de evaluación a realizar la evaluación económica, y en base a los criterios se obtiene la mejor solución. El modelo de evaluación económica se muestra en la figura 7.

| Variantes de concepto/proyecto | | | Solución 1 | | Solución 2 | | Solución 3 | | Sol. ideal | |
|--------------------------------|-------------------------|---|------------|----|------------|----|------------|----|------------|----|
| | | | S1 | | S2 | | S3 | | S ideal | |
| N° | Criterios de evaluación | g | p | gp | p | gp | p | gp | p | gp |
| 1 | | | | | | | | | 4 | |
| 2 | | | | | | | | | 4 | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| n | | | | | | | | | 4 | |
| Puntaje Σgp | | | | | | | | | | |
| Valor económico v_i | | | | | | | | | | |

Figura 7. Evaluación del valor técnico Listado del valor técnico.

Fuente: Método de diseño de Ingeniería Mecánica

c) Elaboración del proyecto:

- En esta etapa se procede a determinar las dimensiones de la solución, considerando los aspectos funcionales y técnicos establecidos. Comprende todos los cálculos requeridos por el diseño y el listado de componentes determinados, así como también las simulaciones para verificar el funcionamiento del sistema, que en el presente caso se realiza empleando el software SolidWorks.

d) Elaboración de detalles:

- Implica la creación de planos y graficas requeridas para el ensamblaje de la solución e indicaciones de operación.
- Partiendo de lo anterior, se debe dimensionar los componentes de la

cámara frigorífica a fin de que funcione de manera eficiente.

- El diseño tomará en cuenta los aspectos mecánicos y eléctricos, tales como la temperatura de conservación por enfriamiento y congelamiento, estimación del volumen de la cámara, dimensionamiento de paredes; diseño de la cámara de conservación y congelación en base a su geometría, cálculo de las cargas térmicas.
- Finalmente, el prototipo diseñado será modelado en el software SolidWorks con el propósito de realizar una validación de los elementos que conforman el sistema para verificar que se cumplan los parámetros funcionales previamente descritos.

3.1.3 Proceso de desarrollo y diseño

Se hará uso de las fases de diseño de acuerdo a la metodología VDI 2222 y el método VDI 2221, con el propósito de lograr los estándares de calidad exigidos para el diseño (1). En la figura 8 se muestra un esquema de las fases que componen el método de diseño aplicado.

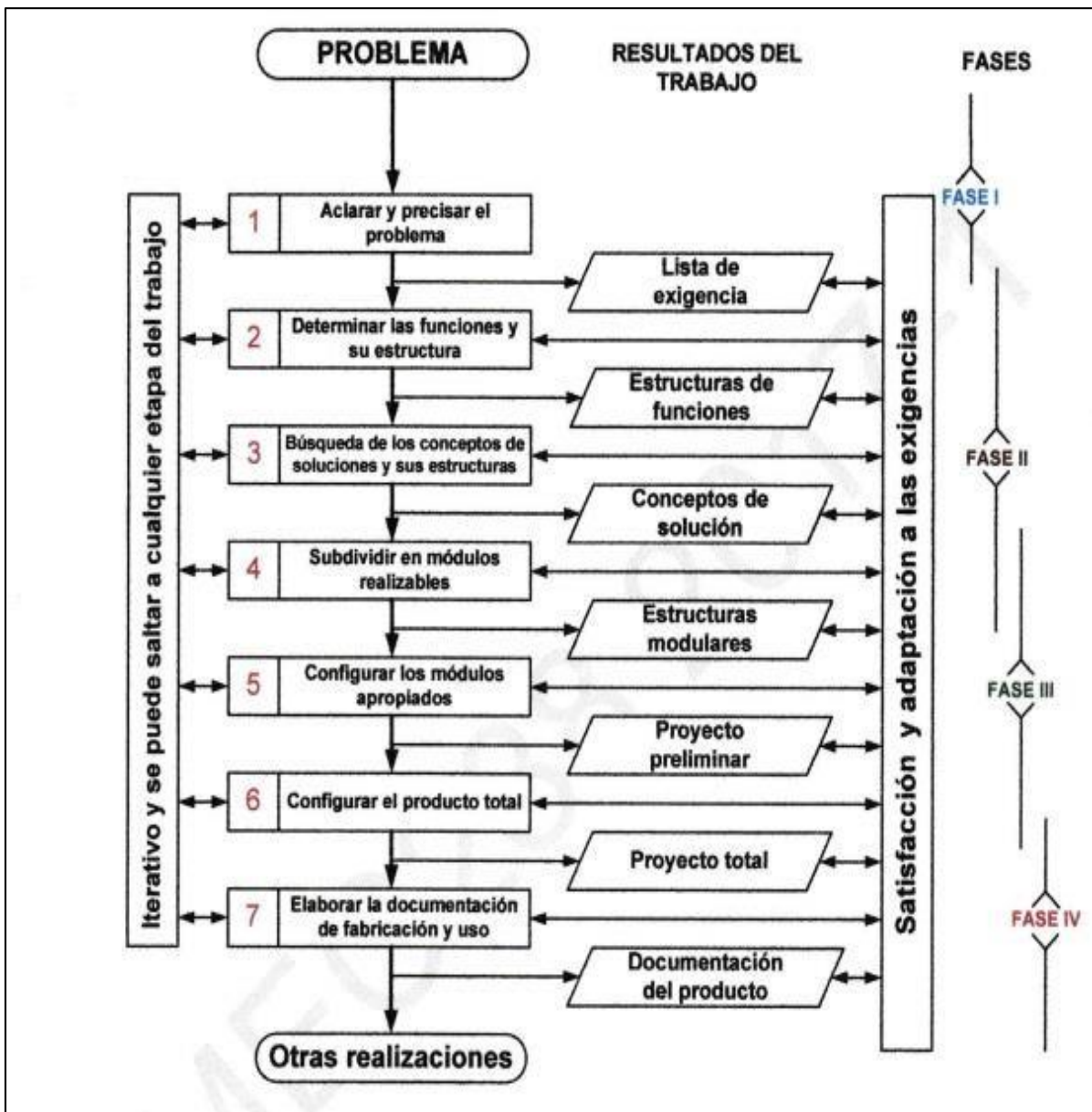


Figura 8. Proceso de desarrollo y diseño VDI 2221

Fuente: Tomado de Sigüenza y Chumioque (22)

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 Identificación de los requerimientos

Como punto inicial, identifiqué la zona en la cual será implementada la solución, resaltando su ubicación geográfica, siendo esta en la localidad de Arequipa, Perú, con la finalidad de almacenar arándanos. Así mismo, el diseño está enfocado en conservar y congelar dichos productos para cubrir una demanda de 2000 kilogramos, para lo cual, se deben dimensionar los componentes que conforman la cámara frigorífica.

En este aspecto, se deben tener en consideración aspectos mecánicos y eléctricos, tales como la temperatura de conservación por enfriamiento y congelamiento, estimación del volumen de la cámara, dimensionamiento de paredes, diseño de la cámara de conservación y congelación en base a su geometría, cargas térmicas, para finalizar con la selección de componentes. Siguiendo la metodología propuesta, basada en la norma VDI 2221, en la tabla 6 se presentan las exigencias de diseño planteadas.

Tabla 6. Listado de exigencias

| Categorías | E/D | Exigencias | Responsable |
|-------------------|------------|--|--------------------|
| | E | El sistema debe alcanzar la temperatura de Congelación | J. U. |
| Funciones | E | El sistema debe alcanzar la Temperatura de Conservación | J. U. |
| | E | El sistema debe realizar sus funciones con componentes y/o partes validadas en diseño | J. U. |
| | D | El sistema debe controlarse de manera totalmente automatizada. | J. U. |
| Fuerza | E | El sistema debe ser capaz de soportar la carga para la cual está diseñada | J. U. |
| | D | El sistema debe tolerar deformaciones en sus componentes producto de las interacciones térmicas | J. U. |
| Geometría | E | Se deben diseñar sus partes teniendo en cuenta que estructura debe ser robusta y soporte cierto peso | J. U. |
| | E | Se deben dimensionar las paredes para cada una de las cámaras ya sea de congelación y conservación | J. U. |
| | E | La dimensión de las puertas de ingreso a cada una de las cámaras debe ser adecuada | J. U. |
| | E | Los elementos internos tales como bandejas deben cumplir con las dimensiones internas de cada cámara | J. U. |
| Energía | D | El sistema debe operar en su totalidad con energía eléctrica de la red. | J. U. |
| | E | El sistema no debe exceder los valores de temperatura de diseño para lo cual está diseñado, | J. U. |
| | D | Las pérdidas deben ser menores al 10 %. | J. U. |
| Control | E | Debe contar con controladores de temperatura | J. U. |
| | E | Debe contar con controladores de humedad | J. U. |
| Mando | E | Debe contar con sistema de protección de equipos eléctricos | J. U. |
| | D | Debe contar con equipos de señalización y mando, así como indicadores de los niveles de temperatura por cámara | J. U. |
| Seguridad | E | El sistema debe estar protegido contra descargas eléctricas. | J. U. |
| | E | No debe existir elementos o partes punzocortantes expuestas | J. U. |
| Ergonomía | E | La apertura de las puertas e ingresos a la cámara debe ser natural si generar esfuerzos físicos | J. U. |
| | D | La colocación de elementos internos tales como bandejas deben ser sencillo e intuitivo | J. U. |

Nota: Las iniciales mostradas en la tabla corresponden a E: exigencia; D: deseo; J.U.: Joseph Uchuya.

4.2 Análisis de la solución

A continuación, se presentan los distintos criterios considerados para el diseño de la solución.

4.2.1 Caja negra (Black Box)

El diagrama de caja negra especifica las entradas de recursos en la máquina, así como las salidas transformadas de estos recursos en una forma tangible. La figura 9 ilustra este diagrama para el proyecto de la Máquina de Refrigeración.

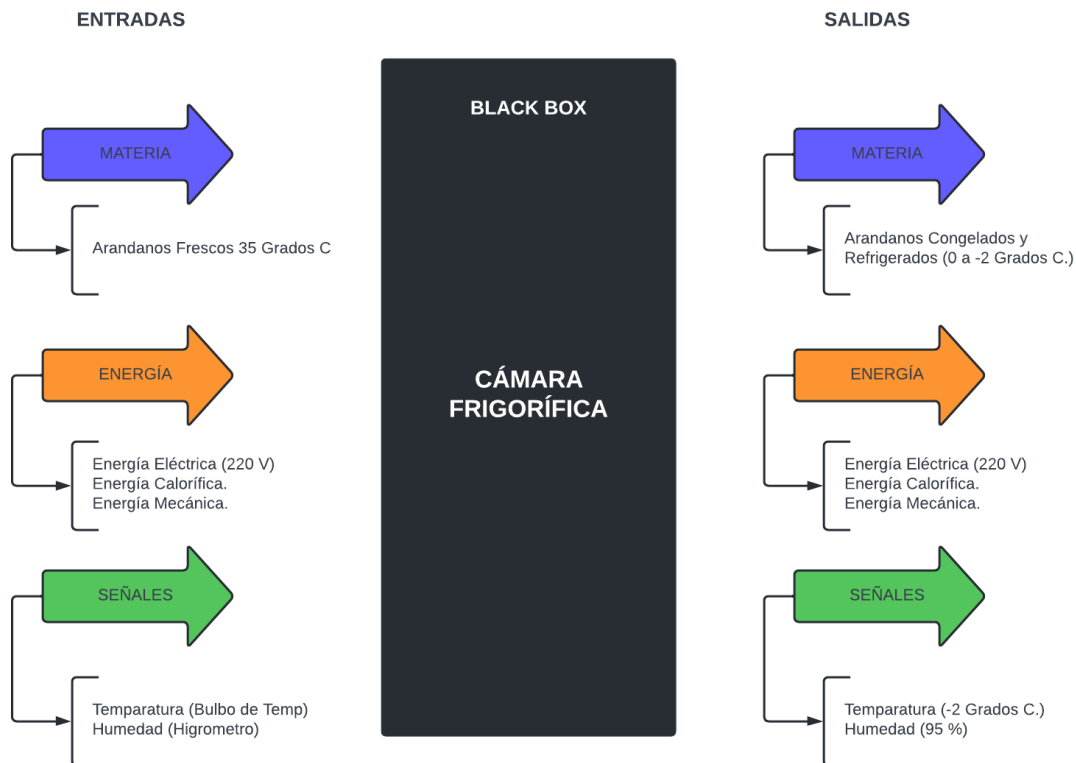


Figura 9. Diagrama Black Box de la cámara de refrigeración.

- Entradas
 - Materia prima: Arándanos frescos con una masa total de hasta 2 000 kg.
 - Energía: corriente eléctrica monofásica 220 V y energía mecánica en forma de movimiento (compresor), Energía Calorífica Transferida al Sistema (calor de los alimentos).
 - Señal: Indicaciones de temperatura y humedad relativa, así como la condición del producto.
- Salidas
 - Materia prima: Arándanos congelados y/o refrigerados con una masa total de hasta 2 000 kg.
 - Energía: corriente eléctrica monofásica 220 V y energía mecánica en forma de movimiento (compresor), energía calorífica transferida al sistema (calor de los alimentos).
 - Señal: Indicaciones de temperatura y humedad relativa, así como la

condición del producto.

4.2.2 Caja Blanca (*White Box*)

Contrario al diagrama de caja negra, aquí se muestran los procesos internos que explican el funcionamiento del sistema, tal que se señala en la figura 6. En esta etapa de proceso lo primero que se tiene que hacer es verificar el estado de la máquina, revisar todos los sistemas y mecanismos que se encuentren en perfectas condiciones, una vez inspeccionada se procede a hacerla funcionar para colocar el producto dentro de la misma.

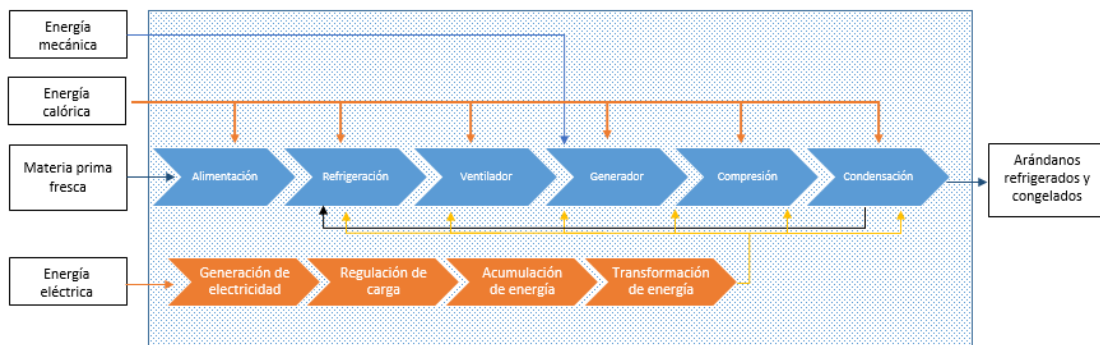


Figura 10. Diagrama White Box de la cámara de refrigeración

- Alimentación
 - Verificar la condición del producto.
 - Colocación de los arándanos en las cestas.
- Refrigeración, evaporación, compresión, condensación
 - Accionamiento del ciclo de refrigeración, verificación de temperatura y humedad.
 - El producto debe estar lavado, libre de suciedad e impurezas.
 - Verificación de los parámetros de entrada.
 - Verificación de las indicaciones de Temperatura y Humedad Relativa.
 - Controlar el tiempo de congelamiento.
 - Verificar el estado físico de los Arándanos cada 16 horas.
- Fase final
 - Preservación del producto para su posterior distribución y comercialización.
 - Reiniciar la secuencia de operación para un nuevo ciclo.

4.2.3 Matriz morfológica

El diagrama de la figura 11 señala las funciones requeridas por el sistema, y las posibles soluciones consideradas para llevarlas a cabo.

| Funciones | Solución 1 | Solución 2 | Solución 3 |
|---------------|--|--|--|
| Alimentación | Manual | Cinta transportadora | Auto elevadores |
| Refrigeración | Sistema de refrigeración ind. por aire | Sistema de refrigeración pasiva por aire | Sistema de refrigeración activa por aire |
| Ventiladores | Centrífugo | Axiales | Tangenciales |
| Generador | Eléctrico | Combustible | Solar |
| Compresión | Compresor hermético/semi hermético de pistón | | |
| Condensación | Condensador de aire | | |

Figura 11. Matriz morfológica de la solución

- Alternativa de solución 1: esta solución se basa en un sistema de refrigeración industrial por aire, ventiladores centrífugos, que funciona además con un generador eléctrico. En cuanto a la entrada y salida de los productos, así como su acondicionamiento, se realiza de forma manual.
- Alternativa de solución 2: considera el uso de una cámara de congelación con un sistema de refrigeración pasiva por aire y ventiladores axiales, empleando además una generación eléctrica a partir de combustibles.
- Alternativa de solución 3: esta opción plantea el uso de abatidores de temperatura con un sistema de refrigeración activa por aire y ventiladores tangenciales. Generación de energía a partir de un módulo fotovoltaico.

4.2.4 Determinación de la solución óptima

Se utilizó una escala de valoración para cada una de las alternativas de solución planteadas, respecto a aspectos técnicos (X_i) y aspectos económicos (Y_i), según

el cumplimiento de las exigencias mostradas en la tabla 5, empleando los siguientes valores:

- P: puntaje (0: no satisface; 1: aceptable; 2: suficiente; 3: bien; 4: muy bien)
- G: Peso ponderado del criterio de evaluación.

Donde el puntaje obtenido por cada solución se calculó a partir de la expresión:

$$Xi; Yi = \frac{\sum_i^n(gp_i)}{\sum_i^n(g_i) * p_{max}} \leq 1,00$$

En las tablas 7 y 8 se presenta la evaluación técnica y económica de las opciones consideradas, respectivamente.

Tabla 7. Evaluación técnica de las alternativas de solución

| Criterios técnicos | S1 | | S2 | | S3 | | Solución ideal | | |
|----------------------|-----|---|-------------|---|-------------|---|----------------|---|-------------|
| | G | p | gp | p | gp | p | gp | p | gp |
| Función | 5 | 4 | 20 | 3 | 15 | 3 | 15 | 4 | 20 |
| Geometría | 6 | 4 | 24 | 4 | 24 | 4 | 24 | 4 | 24 |
| Mecánica | 10 | 4 | 40 | 3 | 30 | 3 | 30 | 4 | 40 |
| Fuerza | 5 | 3 | 15 | 3 | 15 | 3 | 15 | 4 | 20 |
| Energía | 10 | 4 | 40 | 3 | 30 | 2 | 20 | 4 | 40 |
| Materia | 8 | 3 | 24 | 3 | 24 | 3 | 24 | 4 | 32 |
| Señales | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Seguridad | 8 | 4 | 32 | 4 | 32 | 4 | 32 | 4 | 32 |
| Ergonomía | 6 | 3 | 18 | 3 | 18 | 2 | 12 | 4 | 24 |
| Fabricación | 6 | 3 | 18 | 2 | 12 | 1 | 6 | 4 | 24 |
| Montaje | 6 | 3 | 18 | 3 | 18 | 2 | 12 | 4 | 24 |
| Transporte | 8 | 2 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 32 |
| Estabilidad | 8 | 4 | 32 | 4 | 32 | 3 | 24 | 4 | 32 |
| Facilidad de manejo | 8 | 3 | 24 | 2 | 16 | 1 | 8 | 4 | 32 |
| Complejidad | 5 | 3 | 15 | 2 | 10 | 1 | 5 | 4 | 20 |
| Puntaje total | 100 | | 338 | | 278 | | 229 | | 400 |
| Valor técnico | | | 0,85 | | 0,70 | | 0,57 | | 1,00 |

Tabla 8. Evaluación económica de las alternativas de solución

| Criterios técnicos | S1 | | S2 | | S3 | | Solución ideal | | |
|------------------------------------|-----|---|-------------|---|-------------|---|----------------|---|-------------|
| | G | p | gp | p | gp | p | gp | p | gp |
| Costo de materiales | 30 | 3 | 90 | 2 | 60 | 4 | 120 | 4 | 120 |
| Costo de fabricación | 15 | 3 | 45 | 3 | 45 | 3 | 45 | 4 | 60 |
| Costo de montaje | 20 | 4 | 80 | 2 | 40 | 2 | 40 | 4 | 80 |
| Costo de mantenimiento | 15 | 2 | 30 | 3 | 45 | 3 | 45 | 4 | 60 |
| Costo de operación | 10 | 4 | 40 | 2 | 20 | 2 | 20 | 4 | 40 |
| Costo de adquisición de materiales | 10 | 3 | 30 | 2 | 20 | 1 | 10 | 4 | 40 |
| Puntaje total | 100 | | 315 | | 230 | | 280 | | 400 |
| Valor técnico | | | 0,79 | | 0,58 | | 0,70 | | 1,00 |

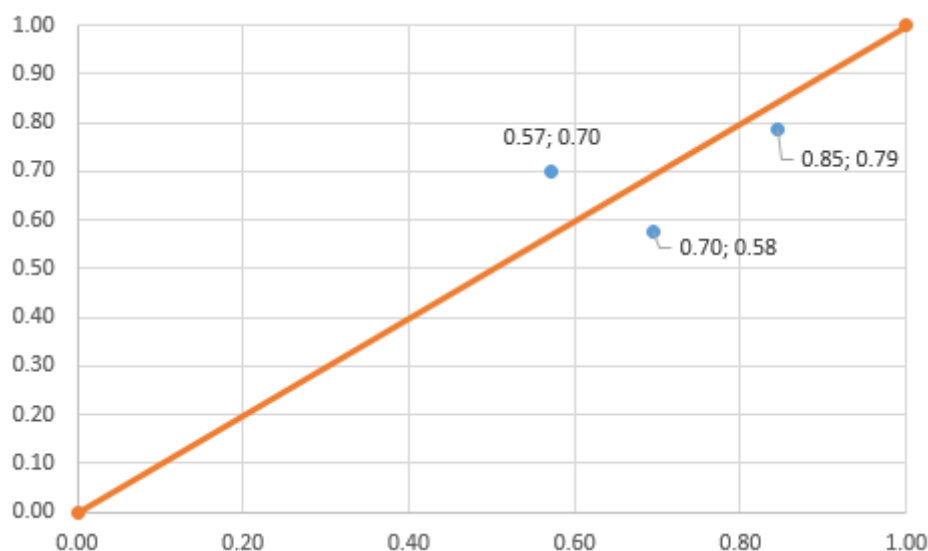


Figura 12. Comparación de resultados de evaluación técnica-económica

Respecto a la primera alternativa, esta resultó con una mayor valoración, tal como se evidencia en la figura 12, estando más cerca de la solución teóricamente ideal (punto y línea naranja), dado que cumple primeramente con las exigencias del proyecto. La segunda y tercera alternativa surgen de una revisión del estado del arte, sin embargo, no cumplen con todas las exigencias particulares del presente proyecto, específicamente respecto a sistema de energía. Aunado a ello, si bien el proyecto especifica la predilección por sistemas automatizados, se cuenta con limitaciones de espacio, además de incrementar

considerablemente el costo. Por tales motivos, se elige continuar el proyecto con la alternativa 1.

4.3 Diseño

4.3.1 Características técnicas del producto

A continuación, en la tabla 9 se presentan las especificaciones técnicas consideradas para el diseño del sistema de refrigeración.

Tabla 9. Especificaciones técnicas de la solución

| Categoría | Parámetros | Valores |
|--------------------------------|------------------------|----------------|
| Conservación por enfriamiento | Temperatura | 0 °C a -0.6 °C |
| | Tiempo de conservación | 4 semanas |
| | Humedad | 95 % |
| Conservación por congelamiento | Temperatura | -20 °C |
| | Tiempo de conservación | 1 año |
| | Humedad | 95 % |

4.3.2 Dimensionado de la cámara

La estimación de las dimensiones requeridas por la cámara frigorífica se ha basado en la cantidad de producto a almacenar, la disposición de los elementos de contención y el espacio requerido para su manipulación. El proyecto especifica a cantidad de 2 000 kg de arándanos, los cuales serían almacenados en bandejas, y estas en carros móviles, tales como lo mostrado en la figura 13. A partir de ello, se ha estimado el espacio en planta requerido para almacenamiento a partir de las siguientes deducciones. La tabla 10 presenta el resultado obtenido.



Figura 13. Carro móvil y bandejas de almacenamiento.

*Area de almacenamiento (mínimo) = Area carro movil * N° carros moviles*

$$N^{\circ} \text{ carros móviles} = \frac{N^{\circ} \text{ de bandejas requeridas}}{N^{\circ} \text{ bandejas por carro}}$$

$$N^{\circ} \text{ de bandejas requeridas} = \frac{\text{capacidad de bandeja}}{\text{volumen del producto}}$$

Tabla 10. Estimación del área requerida para almacenamiento

| Categoría | Parámetro | Valor |
|---------------------------------|--------------------|------------------------|
| Dimensiones bandeja | Alto | 0,07 m |
| | Ancho | 0,3 m |
| | Largo | 0,5 m |
| | Volumen | 0,0 105 m ³ |
| Característica de los arándanos | Densidad | 330 kg/m ³ |
| | Cantidad | 2000 kg |
| Numero de bandejas requeridas | Volumen requerido | 6,05 m ³ |
| | N° bandejas | 576 |
| Bandejas por carro móvil | Filas | 9 |
| | Columnas | 4 |
| | Total | 36 |
| Carros móviles | Cantidad de carros | 16 |
| | Ancho | 0,38 m |
| | Largo | 0,84 m |
| | Separación | 0,15 m |
| | Área ocupada total | 8,40 m ² |

A lo anterior, se adicionaron espacios para la circulación del personal, una separación de 60 centímetros de las paredes, y se redondearon las medidas para fines constructivos, resultando en una distribución como se observa en la figura 14, con un área total de 26,46 m² y un volumen total de 79,38 m³.

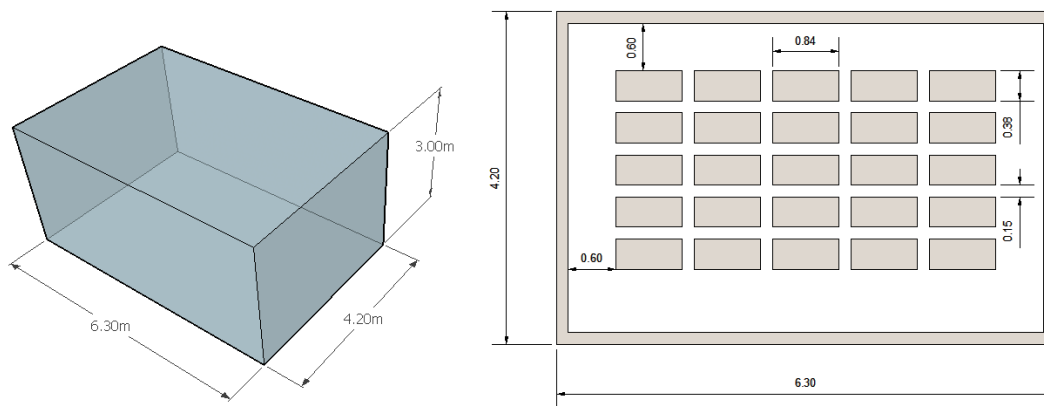


Figura 14. Dimensiones cámara de refrigeración

4.3.3 Aislamiento de la cámara

Para determinar el espesor mínimo del aislamiento, se siguió el procedimiento sugerido por (23), quien parte del principio de transferencia de calor de una pared empleando la siguiente ecuación:

$$e = k \left[\frac{T_i - T_c}{q} \right]$$

Donde:

E: espesor del material

K: conductividad térmica del material

Ti: temperatura exterior o de intemperie

Tc: temperatura interior de la cámara

q: coeficiente de pérdida térmica

Se escogió trabajar con poliuretano, dado que es habitual para este tipo de soluciones, además de que este material presenta un coeficiente de conductividad térmica de 0,022 W/m²K y una pérdida de 7 W/m² (23). En cuanto a la temperatura del ambiente, de acuerdo al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), la temperatura más alta en Arequipa se da en el mes de octubre, mientras que la más baja en el mes de julio, como se ve en la figura 15.

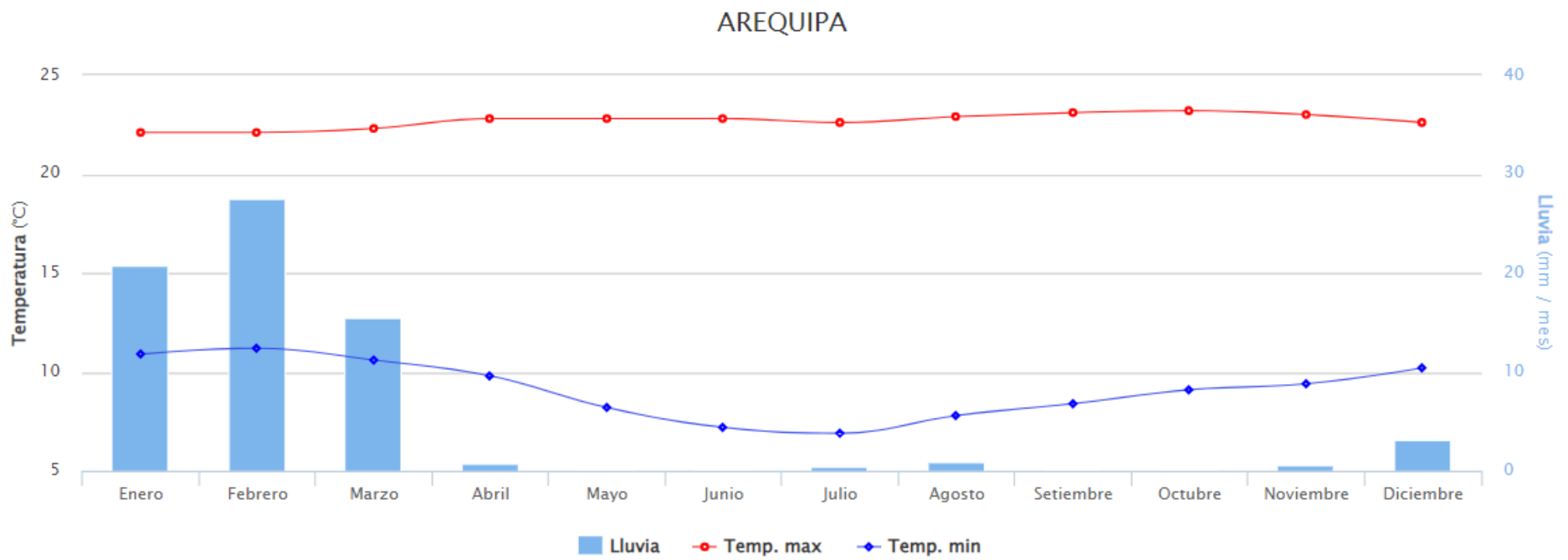


Figura 15. Temperatura anual en Arequipa

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (24)

Viendo que la temperatura es aproximadamente constante entre los valores mínimos y máximos registrados durante el año, y considerando como caso más crítico para el funcionamiento de la cámara el valor correspondiente a la temperatura máxima esperada, se trabajó con una temperatura exterior promedio de 22 °C. De lo anterior, se tuvieron los siguientes datos:

$$e = 0.022W/m^{\circ}K \left[\frac{22^{\circ}C - (-20^{\circ}C)}{7 W/m^2} \right] = 0.13m$$

De lo anterior, y considerando las medidas comerciales de este tipo de paneles, se fijó un espesor de 15 centímetros. En la tabla 11 se presenta el cálculo de las superficies de cada parte de la cámara.

Tabla 11. Dimensiones exteriores de la cámara

| Cara | Dimensiones | Valor |
|-------------------------|--------------------|-----------------------|
| Pared frontal / trasera | Largo | 6,60 m |
| | Altura | 3,15 m |
| | Superficie | 20,79 m ² |
| Laterales | Longitud | 4,50 m |
| | Altura | 3,15 m |
| | Superficie | 14,18 m ² |
| Techo | Largo | 6,60 m |
| | Ancho | 4,50 m |
| | Superficie | 29,70 m ² |
| Piso | Largo | 4,50 m |
| | Ancho | 6,60 m |
| | Superficie | 29,70 m ² |
| Total cámara | | 126,09 m ² |

4.3.4 Determinación de cargas térmicas

En esta sección se adoptó el procedimiento señalado por (25), donde la carga calórica a extraer para mantener la temperatura del interior de la cámara frigorífica es la suma de los factores que generan una ganancia de calor o pérdida de frío: a través de las paredes, techo y el piso, el aire exterior, los elementos de iluminación, las personas, y finalmente, el calor liberado por los equipos mecánicos.

- a. Por paredes, techo y piso:

$$Qt1 = S * k * (Te - Ti) * 24h$$

$$Qt1 = 126,09 m^2 * 0,235 W/h m^2^{\circ}C * (22^{\circ}C - (-20^{\circ}C)) * 24 h$$

$$Qt1 = 29\,868,20\ W$$

b. Carga Solar

Para el proyecto se utilizará sobre techo, por tanto, $Qt2=0$

c. Carga por cambio de aire

$$Qt3 = V * (\Delta h)n$$

$$Qt3 = 79,38\ m^3 * (10,70\ W/m^3) * 12,10$$

$$Qt3 = 10\,277,33\ W$$

d. Carga por personas

Se asume una cantidad máxima de 4 personas simultáneamente dentro de la cámara, por un periodo de 2 horas.

$$Qt4 = q * n * t$$

$$Qt4 = 390\ W/persona * 4\ personas * 2\ horas$$

$$Qt4 = 3\,120,00\ W$$

e. Carga por iluminación

En función del tamaño de la cámara (26,46 m²), se contempla utilizar 5 luminarias de tipo industrial, cada una con 2 focos de 100 W, igualmente, por un tiempo máximo de 2 horas de trabajo.

$$Qt5 = P * t$$

$$Qt5 = 10 * 100\ W * 2\ h$$

$$Qt5 = 2\,000,00\ W$$

f. Calor de la carga por genero

$$Qt6 = (Te - Ti) * m * Ce$$

$$Qt6 = (22\ ^\circ C - (-20\ ^\circ C)) * 2\,000\ kg * 3,3\ Kj/kg * ^\circ C * 0,278\ W/kj$$

$$Qt6 = 77\,061,60\ W$$

g. Carga por calor del embalaje

Se consideró la cantidad de carros móviles que contienen la fruta, con perfil de aluminio, con un peso de 10 kilogramos.

$$Qt7 = 0,879 \text{ Kj/kg} * ^\circ\text{C} * 0,278 \text{ W/kj} * 10 \text{ kg} * (22 ^\circ\text{C} - (-20 ^\circ\text{C})) * 16$$

$$Qt7 = 1\,642,11 \text{ W}$$

h. Carga por motores

Se consideró 1 ventilador encendido por 15 horas al día. Considerando una potencia de 1 150 W, se obtiene:

$$Qt8 = 1 * 400 * 15$$

$$Qt8 = 6\,000 \text{ BTU/h}$$

$$Qt8 = 1\,758,43 \text{ W}$$

i. Carga total

Corresponde a la suma de las cargas parciales calculadas.

$$Qt = 125\,727,67 \text{ W}$$

$$Qt = 429\,000,62 \text{ BTU/h}$$

j. Factor de corrección (10%)

$$Qt = 1,10 * 429\,000,62 \text{ BTU/h}$$

$$Qt = 471\,900,69 \text{ BTU/h}$$

k. Carga total por hora (15 horas)

$$Qt = 31\,460,00 \text{ BTU/h}$$

4.3.5 Análisis del consumo eléctrico

Convertiremos la carga térmica de BTU/h a kW.

Carga térmica en kW = 31,460 BTU/h * 0.00029307107 kW/BTU/h = 9.21 kW

La cámara estará en operación 24h.

Calculando el Coeficiente de Rendimiento (COP)

La fórmula del COP es:

$$COP = \frac{\text{Capacidad de refrigeración (kW)}}{\text{Potencia eléctrica consumida (kW)}}$$

$$COP = \frac{9.21kW}{3.07kW} \approx 3.00$$

4.4 Cálculo de consumo diario y mensual en Kwh

$$\text{Consumo diario (kWh)} = \frac{\text{Carga térmica (kW)} \times \text{Horas de operación (h)}}{COP}$$

$$\text{Consumo diario (kWh)} = \frac{9.21 \text{ kW} \times 24 \text{ h}}{3} = 73.68 \text{ kWh/día}$$

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = 73.68 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} = 2210.4 \text{ kWh/mes}$$

4.5 Comparación técnica – económica

Tabla 12. Comparación técnica – económica.

| Empresa | Capacidad (Kwh) | COP | Potencia Eléctrica (Kw) | Consumo energético diario (Kwh) | Consumo energético mensual (Kwh) |
|--------------|-----------------|-----|-------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| CRYO Systems | 8.5 | | 2.83 | 77.92 | 2237.6 |
| Fricontrol | 9.0 | 3 | 3.00 | 75.00 | 2260 |
| Intarcon | 9.5 | 3 | 3.17 | 76.08 | 2284.4 |
| Refriperú | 10 | 3 | 3.33 | 80.00 | 2400 |
| Famedi | 9.21 | 3 | 3.07 | 73.68 | 2210 |
| Mitor | 9.75 | 3 | 3.05 | 78.00 | 2340 |

El compresor Danfoss MLZ068T4LC9 es una opción eficiente y adecuada para una cámara frigorífica que requiere una capacidad de 9.21 kWh, con un COP de 3 y una potencia eléctrica de 3.07 kW. Este compresor garantizará que se mantenga la eficiencia energética necesaria para cumplir con los requisitos de consumo energético diario y mensual especificados.

Para tu cámara frigorífica con los requisitos especificados, el compresor Danfoss MLZ068T4LC9 es adecuado y debe tener una potencia aproximada de 4 HP para asegurar que se mantenga la eficiencia energética necesaria. Este compresor garantizará el cumplimiento de los requisitos de capacidad, potencia eléctrica, y consumo energético diario y mensual.

4.6 Elección del refrigerante

El refrigerante R-134a es una excelente opción para cámaras frigoríficas por su eficiencia, asequible y una opción mejor para el medio ambiente que otros

refrigerantes como el R-404A y el R-410A. Puede satisfacer grandes necesidades de refrigeración industrial y comercial y funciona bien con diferentes tipos de equipos.

Tabla 13. Comparación para la elección del refrigerante.

| Propiedad | R-134a | R-404A | R-410A |
|---|---|---|---|
| Tipo | HFC (Hidrofluorocarbono) | HFC (Hidrofluorocarbono) | HFC (Hidrofluorocarbono) |
| Presión de Operación | Baja-moderada | Moderada-alta | Alta |
| Eficiencia Energética (COP) | Alta | Moderada | Alta |
| Capacidad de Enfriamiento | Moderada | Alta | Muy alta |
| Potencial de Calentamiento Global (GWP) | 1,430 | 3,922 | 2,088 |
| Impacto en la Capa de Ozono (ODP) | 0 | 0 | 0 |
| Compatibilidad | Amplia (automoción, comercial, residencial) | Menos compatible para aplicaciones pequeñas | Ampliamente utilizado en aplicaciones de alta capacidad |
| Costo Relativo | Moderado | Alto | Moderado |
| Disponibilidad | Alta | Alta | Alta |
| No Inflamable | Sí | Sí | Sí |
| Seguridad | Alta | Alta | Alta |

Efecto ambiental, el R-134a puede tener un GWP de 1,430, pero sigue siendo mucho mejor que el R-404A, que tiene un GWP de 3,922. Es una mejor opción para el medio ambiente porque no libera tanto calor a la atmósfera.

El R-134a es una opción confiable y económica, ya que en el mundo de los HFC no daña en absoluto la capa de ozono.

Las restricciones de altura de los carritos de bandejas en una cámara frigorífica pueden estar restringidas por varias razones técnicas como distribución del aire frío, capacidad del sistema frigorífico, capacidad del sistema de refrigeración, facilidad de manejo y seguridad, para optimizar la refrigeración de los arándanos, es importante que los carritos de bandejas no sean demasiado altos. Esto garantiza una distribución uniforme del aire frío, una carga y descarga seguras y eficientes, y un funcionamiento óptimo del sistema de refrigeración. Reducir el área superficial de la cámara frigorífica tiene un impacto positivo significativo en las cargas térmicas, mejorando la eficiencia energética y reduciendo los costos operativos. Es una estrategia efectiva para optimizar el diseño de la cámara sin comprometer la capacidad de almacenamiento y la calidad de la refrigeración.

CAPITULO V CONSTRUCCIÓN

5.1 Construcción

5.1.1 Diseño de la estructura

En función de las características termo-físicas del lugar, en la tabla 12 se resumen las características de la estructura de la cámara de refrigeración, cuya representación en 3D se observa en la figura 16.

Tabla 14. Características técnicas del producto

| Parámetros | | |
|--|------------------------|----------------------|
| Conservación por congelamiento | Temperatura | -20 °C |
| | Tiempo de conservación | 1 año |
| | Humedad | 95% |
| Cámara de conservación por Congelamiento | Temperatura | - 20 °C = - 4 °F |
| | Tiempo de conservación | Hasta 12 meses |
| | Humedad | 95 % |
| | Largo | 6,30 m |
| | Ancho | 4,20 m |
| | Altura | 3,00 m |
| | Volumen interno | 79,38 m ³ |
| Capacidad | 2 000,00 kg | |
| Aislante | Material | Poliuretano |
| | Espesor | 15 cm |
| Carga térmica | Carga térmica total | 31 460,00 BTU/h |

En función de la tabla anterior, para las características técnicas de la cámara de conservación por congelamiento se consideraron tres características primordiales, la temperatura interna de - 20 °C (- 4 °F), un tiempo de conservación hasta 12 meses y humedad del 95%.

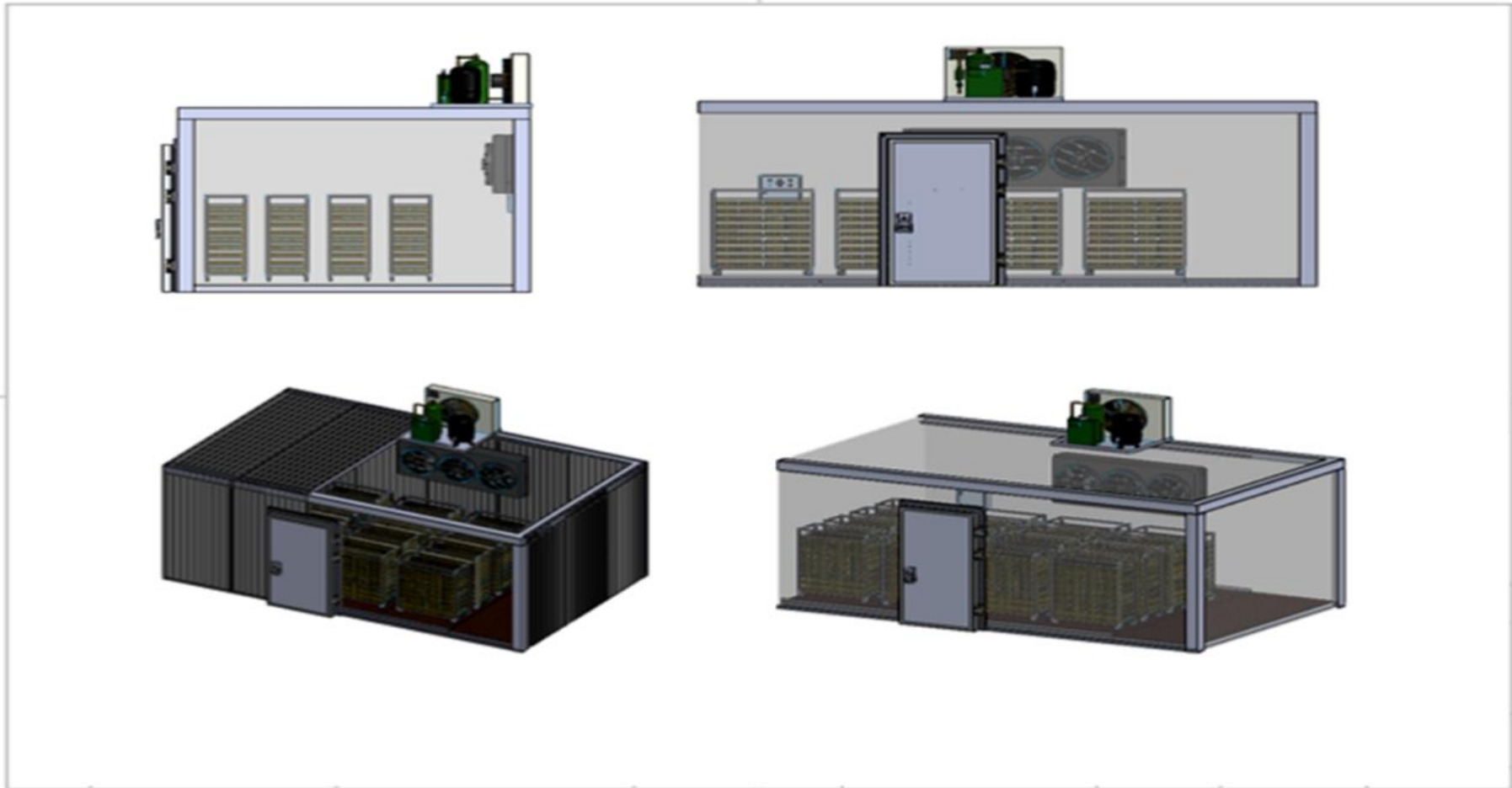


Figura 16. Modelo 3D de la cámara de refrigeración

5.1.2 Selección de componentes

En función de lo anterior, en la tabla 13 se resumen las especificaciones de los componentes elegidos, cuyas fichas técnicas se presentan en el anexo 3. Se hizo uso de la herramienta provista por el fabricante BOHN, la cual permite introducir las dimensiones de la cámara de refrigeración, el material aislante, y las características de los productos a almacenar, estimando entonces un aproximado de la carga térmica para luego mostrar los componentes compatibles de capacidad suficiente para tal requerimiento, procediendo entonces a escoger la de menor precio disponible.

Tabla 15. Características técnicas del producto

| Descripción | Especificaciones |
|--------------|---------------------------------|
| Evaporador | BOHN 312UC (31.2 mil BTU) |
| Refrigerante | Refrigerante R-134 ^a |
| Condensadora | BOHN MBDX0650M6C |

5.2 Pruebas y resultados

En referencia a la validación del diseño de la cámara frigorífica, se hizo uso del software SolidWorks, en el que se realizó un modelo en 3 dimensiones con las dimensiones y propiedades antes descritas. En la figura 17 se muestra el resultado obtenido. Así mismo, en la tabla 14 se presenta una comparación del diseño realizado con el de otros proyectos similares.

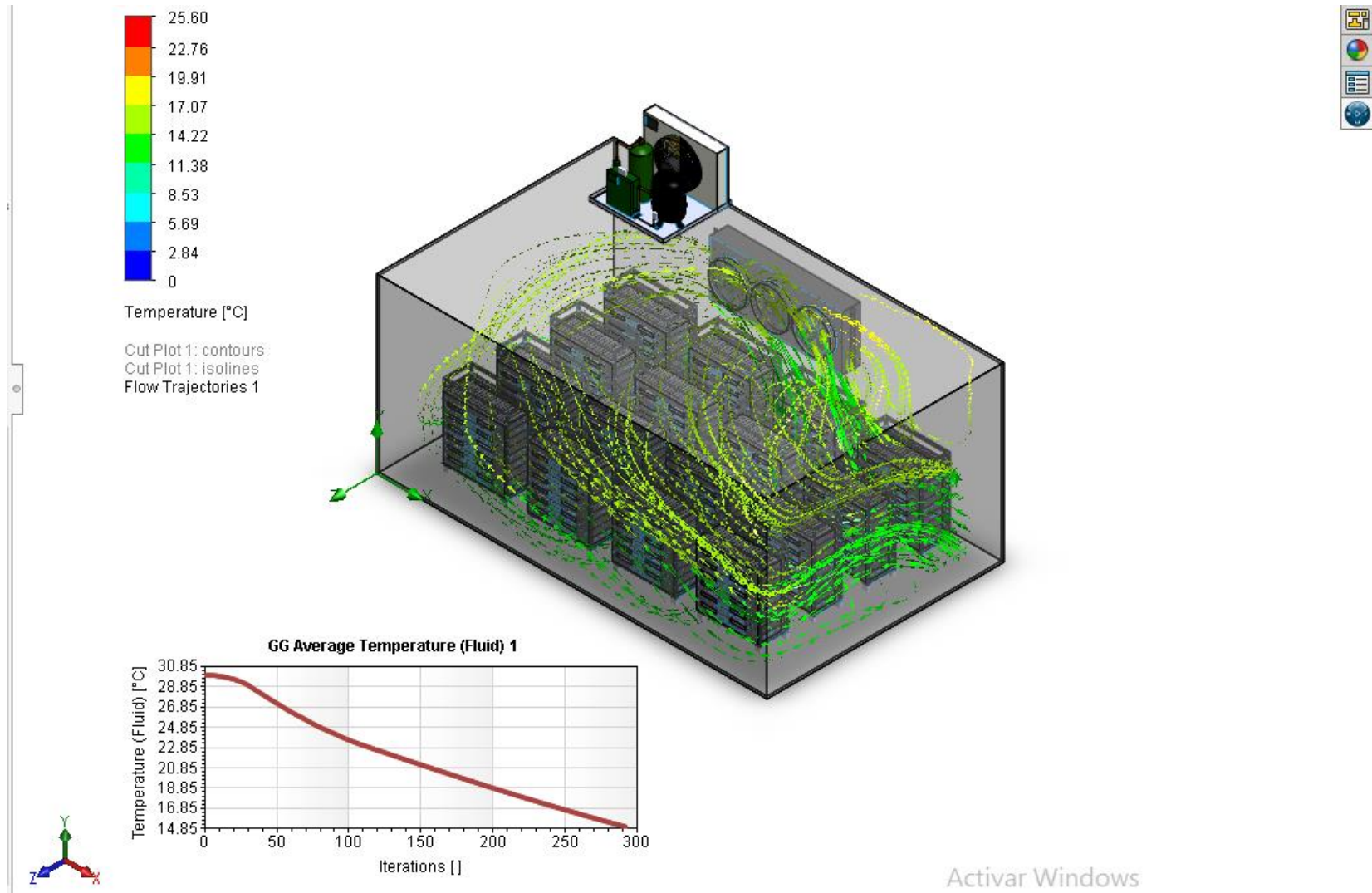


Figura 17. Simulación en el programa SolidWorks

Tabla 16. Comparación con otros proyectos

| Autor | Joseph Uchuya | Arispe y Muñoz (26) | Del Carpio (27) |
|---|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Especificaciones de cámara frigorífica | Almacenamiento de arándano | Almacenamiento de arándano | Liofilizado de banano, mango y piña |
| Capacidad de almacenamiento | 2 toneladas | 80 toneladas | 6 toneladas |
| Volumen cámara (m ³) | 79,38 m ³ | 685,80 m ³ | 1 661,80 m ³ |
| Temperatura de ingreso a la cámara (°C) | 22 °C | 5 °C | 24 °C |
| Temperatura refrigeración (°C) | -20 °C | 0 °C | -25 °C |
| Diferencia de temperatura | 42 °C | 5 °C | 49 °C |
| Costo equipos (S/) | S/ 256 109,29 | S/ 197 637,30 | S/ 1 463 832,03 |
| Horas de operación | 20 | 20 | 20 |

De lo mostrado en la tabla 13, se observa que las condiciones de operación (volumen de la cámara de refrigeración y cantidad de fruta almacenada) dificultan una comparación de par a par, no obstante, en función de dichos parámetros, se observa que la cámara diseñada en el presente trabajo es más eficiente en relación a la cantidad de fruta almacenada en el diseño realizado por el autor Del Carpio (27), siendo que, para una cantidad 3 veces mayor (2 toneladas de arándanos versus 6 toneladas de banano, piña y mango), el costo de la inversión en equipos de refrigeración es 191% mayor, como señala la figura 18. Ello implica que se está logrando la refrigeración de una cantidad de fruta con un menor costo unitario.

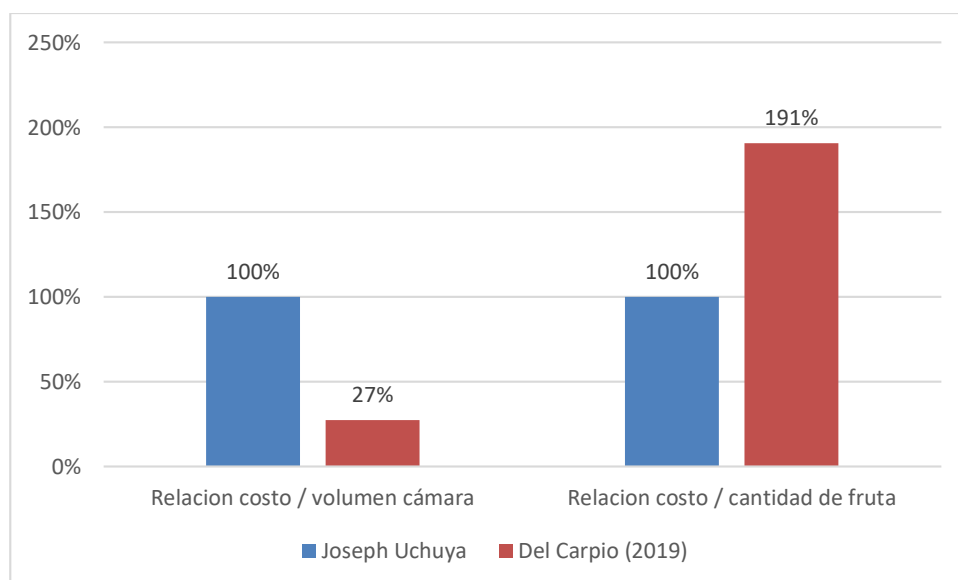


Figura 18. Comparación entre costo y cantidad de fruta refrigerada

Por su parte, en comparación a la solución propuesta por Arispe y Muñoz (26), se observa un costo en equipos 22,83% mayor, además que dicho autor tiene una capacidad mayor de fruta refrigerada, como muestra la figura 19. Aunque estos autores demuestran una capacidad superior en el manejo de frutas refrigeradas, es crucial destacar que la disparidad en la temperatura de ingreso de la fruta a la cámara de refrigeración representa un factor significativo que implica un gasto adicional no contemplado por el autor mencionado.

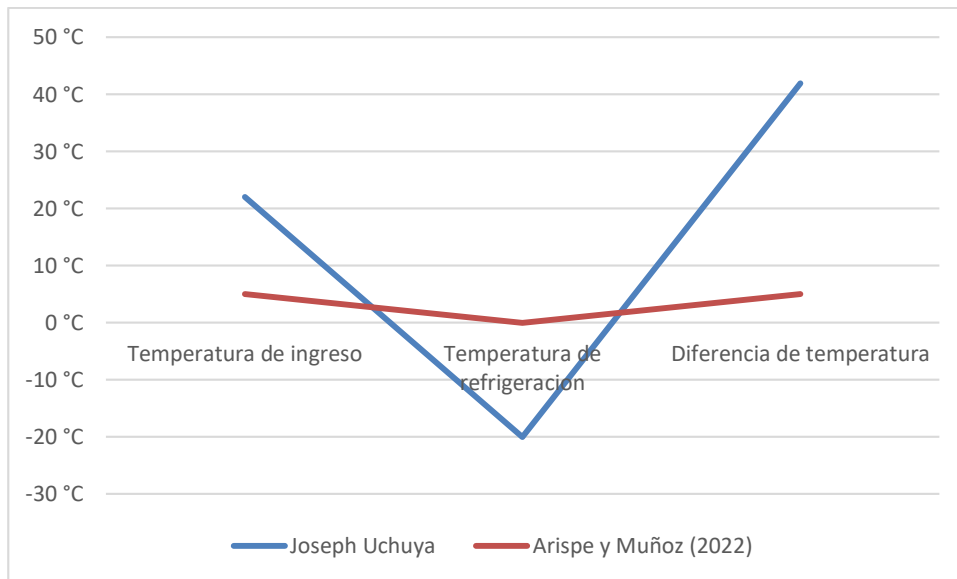


Figura 19. Comparación entre temperaturas de operación

Visto de esta manera, el diseño del presente trabajo debe vencer una mayor diferencia de temperatura de ingreso y de refrigeración, cuya diferencia es mayor a la diferencia en costos entre ambos proyectos. sí se relaciona el costo invertido con dicho diferencial de temperatura, se obtiene un costo de 6 097,84 Soles / °C para el presente y de 3 9527,46 Soles / °C en el trabajo de Arispe y Muñoz, por lo que el presente caso resulta más eficiente.

5.3 Discusión de resultados

En cuanto al diseño de la estructura de la cámara, con las características termo-físicas del lugar, en donde se calcularon las especificaciones técnicas necesarias para que la cámara frigorífica posea un funcionamiento eficiente, a una temperatura de -20 °C con un tiempo de conservación de hasta 12 meses y una humedad del 95%. Tanto el dimensionamiento de la cámara como la selección del material aislante tienen un papel significativo sobre la carga térmica de trabajo, por lo que al optimizar estas características del diseño contribuye a la elección de una solución ideal. Al respecto, Vásquez (10) hace referencia a la importancia de considerar los cálculos de la estructura metálica y el dimensionamiento para la selección del equipo de refrigeración, mientras que Moratrón (7) se enfoca en los cálculos de la potencia térmica de la instalación de acuerdo con las condiciones necesarias del producto a almacenar y las

condiciones térmicas del lugar.

En relación con la selección de los componentes de forma adecuada para una buena eficiencia de la cámara frigorífica, arrojó que los elementos necesarios son un evaporador, refrigerante y compresor, mientras que Moratrón (7) indica que, en la selección de los equipos y componentes de la instalación, se deben analizar previamente las distintas posibilidades existentes y haciendo uso de softwares desarrollados por diferentes proveedores. En este mismo orden de ideas, Palafox (8) señala que la ventaja de un sistema de refrigeración eficiente permite garantizar una conservación del producto idónea, sin alterar las propiedades que denotan la calidad del producto, por tal motivo, se debe tener bien definidos los parámetros de funcionamiento de la cámara frigorífica y del producto a conservar.

Con respecto a la validación del diseño de la cámara frigorífica con el software SolidWorks, de donde se extrajeron planos constructivos con diferentes vistas, dimensiones y un modelo 3D, este tipo de herramientas digitales permiten profundizar en el entendimiento de los fenómenos termodinámicos que intervienen en el proceso de refrigeración, dando una visión acertada de las condiciones de trabajo del modelo creado. Sobre el empleo de este tipo de herramientas, Díaz y Zapata (9) resaltan su utilidad al facilitar la selección de los distintos componentes que conforman el sistema de refrigeración, así como la entrega de una aproximación realista de su funcionamiento real bajo las condiciones de análisis, lo que refuerza la fiabilidad de los cálculos realizados.

CONCLUSIONES

Respecto a las dimensiones de la cámara frigorífica, teniendo en mente una capacidad suficiente para albergar 2 000 kilogramos de producto, se hizo necesario conocer de antemano la manera ideal de almacenar el producto, lo que en el presente caso se estableció con el uso de bandejas y carros móviles. De ello, y sumando el espacio requerido para el movimiento del personal y la manipulación de los productos, se determinó un área requerida de 26,46 m² y un volumen de 79,38 m³. De esta manera, la cámara resultante tuvo unas medidas de 6.30 metros de ancho, 4,20 metros de largo y una altura de 3,00 metros. Se planteó además que esta estructura emplea láminas de poliuretano de 6" como material aislante.

En cuanto a las cargas térmicas que se determinaron en la fase de diseño, la sumatoria de cargas de superficie de paredes, piso y techo (29 868,20 W), por cambio de aire (10 277,33 W), por las personas que ingresan a la cámara (3 120,00 W), por los artefactos de iluminación (2 000,00 W), la cantidad de arándanos a enfriar (77 061,60 W), así como los carros móviles y bandejas (1 642,11 W) y los equipos motores (1 758,43 W), dan como resultado un valor de 31 460,00 BTU/h. De ello, se encontró que la mayor incidencia está relacionada al diferencial entre la temperatura del producto y la temperatura a mantener en el interior de la cámara frigorífica, que en el presente caso representó el 61,29% de la carga térmica total.

En relación con la selección de componentes, se encontró una gran variedad de fabricantes especializados en la temática de estudio, con distintos modelos que son compatibles con los requerimientos técnicos que fueron determinados. Los componentes elegidos para la solución constan de un evaporador BOHN 312UC (31,2 mil BTU), refrigerante R-134^a, y condensadora BOHN MBDX0650M6C. No obstante, para su implementación, se hace necesario evaluar también costos indirectos como la importación, instalación, garantías y disponibilidad de servicio técnico y repuestos, lo que puede causar modificaciones sobre los componentes elegidos.

TRABAJOS FUTUROS

Vistos los hallazgos de la presente investigación, se recomienda la realización de estudios sobre nuevos materiales aislantes, dada su importancia sobre la conductividad térmica de la cámara de refrigeración.

Aunado a ello, se recomienda el análisis del empleo de fuentes de energías alternativas entre los requisitos de diseño, como la solar, y su viabilidad técnica y económica en el diseño de sistemas de refrigeración.

Así mismo, se recomienda a futuras investigaciones analizar la aplicación de un pretratamiento de los productos a refrigerar y su impacto sobre el diseño de cámaras de refrigeración, especialmente en cuanto a costos, ya que este factor es determinante para facilitar la implementación de dichas soluciones.

Se recomienda también considerar en la selección de componentes elementos de control y monitoreo automatizados, a fin de elevar la eficiencia del sistema durante su funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. QUISPE. Diseño de una cámara frigorífica para el congelamiento y conservación de productos en el Mercado la Chavela, en el Distrito de Miraflores. Online. Tesis de Pregrado. Universidad Autónoma San Francisco, 2021. [Accessed 15 November 2022]. Available from: <https://repositorio.uasf.edu.pe/handle/20.500.14179/389>
2. BANDA, Mary Edith, MEDINA, Gianmarco, PALOMINO, Luis Alonso, VALDIVIEZO, Pierina Alessandra and VÁSQUEZ, Alvaro Javier. Diseño del proceso de producción para la elaboración de helado artesanal a base de plátano de seda de descarte en Piura. Online. Proyecto final. Universidad de Piura, 2020. [Accessed 15 November 2022]. Available from: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4617>
3. HUAPAYA. Factores a considerar para la exportación de arándanos frescos al mercado alemán, 2017. Online. Tesis de Pregrado. Universidad Privada del Norte, 2017. [Accessed 15 November 2022]. Available from: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12870>
4. SOCIEDAD DE COMERCIO EXTERIOR DEL PERÚ. Exportaciones de arándanos crecieron un 70% anualmente durante los últimos nueve años. ComexPerú. Online. 2022. [Accessed 15 November 2022]. Available from: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-de-arandanos-crecieron-un-70-anualmente-durante-los-ultimos-nueve-anos>
5. LUCHSINGER, Luis. Los puntos críticos de la cadena de frío en arándanos. Red agrícola. Online. 2017. [Accessed 16 November 2022]. Available from: <https://www.redagricola.com/pe/los-puntos-criticos-la-cadena-frio-arandanos/>
6. SALAZAR, Thomas. Diseño de una cámara de congelación para el almacenamiento de productos cárnicos en el Hotel Baldi Hot Springs durante temporada alta. Online. Tesis de Pregrado. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2021. [Accessed 16 November 2022]. Available from: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12332>
7. MORATÓN, Alberto. Diseño de la instalación frigorífica y el sistema de control de tres cámaras para la conservación de limón. Online. Tesis de Pregrado. Universidad Politécnica de Cartagena, 2021. [Accessed 16 November 2022]. Available from: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9895>
8. PALAFOX, Adolfo. Diseño de una cámara frigorífica para la conservación de elote(zea mays) en la comunidad de San Pedro Peralta, Qroo. Online. Tesis de Pregrado. Universidad de Quintana Roo, 2020. [Accessed 17 November 2022]. Available from: <http://risisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/2668>

9. DÍAZ, Miguel Alejandro and ZAPATA, Juan Carlos. Diseño de una cámara frigorífica para la refrigeración de 3 tn de pescado en el mercado zonal de Lambayeque. Online. Tesis de Pregrado. Universidad Señor de Sipan, 2020. [Accessed 15 November 2022]. Available from: <http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/6792>

10. VÁSQUEZ, David. Diseño de cámara frigorífica de 1500 toneladas de capacidad para conservar productos hidrobiológicos congelados a una temperatura de -20°C en la empresa Arcopa S.A – Paíta. Online. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Piura, 2018. [Accessed 15 November 2022]. Available from: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1462>

11. CARDOSO, Patricia. Arándanos: propiedades, beneficios y valor nutricional de esta fruta. La Vanguardia. Online. 2022. [Accessed 15 November 2022]. Available from: <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20211221/5652/arandanos-frutas-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>

12. DEFILIPPI, Bruno, ROBLEDO, Paula and BECERRA, Cecilia. Manejo de cosecha y poscosecha en arándano. Online. 2020. Blueberries Consulting. [Accessed 16 November 2022]. Available from: <https://cdn.blueberriesconsulting.com/2020/09/manejodecosecha-yposcosechaenarandanocompressed.pdf>

13. GARCÍA, J. Conservación del arándano. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Serida.org. Online. 2010. [Accessed 16 November 2022]. Available from: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5222>

14. GUTIÉRREZ, Tomas Gregorio and TÓALA, Galvin Antonio. Bases que impulsaran la confiabilidad de cámaras frigoríficas del matadero industrial en Jipijapa. Dominio de las Ciencias. 2020. Vol. 6, no. 4, p. 1185–1200.

15. LARA, Francisco. Tipos de cámaras frigoríficas y sus utilidades. Fibracim. Online. 2019. [Accessed 17 November 2022]. Available from: <https://fibracim.com/blog/tipos-de-camaras-frigorificas/>

16. RODRIGUEZ, Daniel. Calcular el Costo del Concreto. Ingeniero Daniel RG. Online. 23 November 2019. [Accessed 24 July 2023]. Available from: <https://ingdanielrg.com/calcular-el-costo-del-concreto/>

17. RODRÍGUEZ, Hermenegildo. Cálculo de instalaciones frigoríficas. Ingemecanica. Online. 2019. [Accessed 18 November 2022]. Available from: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn82.html>

18. DÍAZ, Hendry. Proyecto de un sistema de cámaras frigoríficas para productos cárnicos. Online. Tesis de Pregrado. Universitat Politècnica de València, 2020. [Accessed 20 November 2022]. Available from: <https://riunet.upv.es/handle/10251/158666>

19. CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. . 17.

Lima : San Marcos, 2017. ISBN 978-9972-38-344-1.

20. ÑAUPAS, H, VALDIVIA, M, PALACIOS, J and ROMERO, H. Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis. . 5ta. Bogotá : Ediciones de la U, 2018. ISBN 978-958-762-876-0.

21. HERNÁNDEZ, Roberto and MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Online. Mexico : Mc Graw Hill, 2018. [Accessed 25 November 2022]. ISBN 978-1-4562-6096-5. Available from: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

22. SIGÜENZA GUEVARA, Luis Fernando and CHUMIOQUE NAVEROS, Alex Abel. Diseño de una moledora de café con accionamiento eléctrico. Online. Tesis de Pregrado. Universidad Tecnológica del Perú, 2019. [Accessed 20 November 2022]. Available from: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2931>

23. CORNEJO, Ernesto, MAMANI, Pablo and SUPHO, Ayrton. Diseño de una cámara de refrigeración con capacidad de almacenamiento para 20 toneladas de pescado alimentada por energía solar fotovoltaica en el puerto artesanal de Atico Arequipa. Online. Tesis de Pregrado. Universidad Continental, 2023. [Accessed 26 July 2023]. Available from: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13025>

24. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ. Pronóstico del tiempo para Cusco. Online. [Accessed 22 December 2023]. Available from: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=08&localidad=0019>

25. ARTEAGA, Valentina. Cálculo y dimensionamiento de una cámara de refrigeración para productos orgánicos perecederos. Online. Tesis de Pregrado. Universidad EIA, 2017. [Accessed 26 July 2023]. Available from: <https://repository.eia.edu.co/entities/publication/e4f64ed9-1dfd-4fea-a44d-35bd1d70dfab>

26. ARISPE, Bryam and MUÑOZ, Luis. Diseño del sistema de refrigeración para mejorar la capacidad de almacenamiento del arándano en cámaras de conservación Gourmet Perú. Online. Tesis de Pregrado. Universidad César Vallejo, 2022. [Accessed 25 January 2024]. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/102208> Accepted: 2022-11-22T15:09:46Z publisher: Universidad César Vallejo

27. DEL CARPIO, Luis. Diseño de cámaras de congelamiento para el liofilizado de banano, mango y piña en la procesadora agroindustrial La Joya Arequipa – Perú. Online. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2019. [Accessed 25 January 2024]. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12730> publisher: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

ANEXOS

Anexo 1. Memoria de calculo

| |
|---|
| Volumen interno de la cámara |
| Alto: 3,00 m Largo: 6,30 m Ancho: 4,20 m Volumen: 79,38 m ³ |
| Aislante |
| Poliuretano e= 15 cm (6") |
| Dimensiones externas |
| Pared frontal/trasera Largo: 6,30 m + 2 * 0,15 m = 6,60 m Alto: 3,00 m + 0,15 m = 3,15 m Superficie: 20,79 m ² Paredes laterales Largo: 4,20 m + 2 * 0,15 m = 4,50 m Alto: 3,00 m + 0,15 m = 3,15 m Superficie: 14,18 m ² Techo Largo: 6,30 m + 2 * 0,15 m = 6,60 m Ancho: 4,20 m + 2 * 0,15 m = 4,50 m Superficie: 29,70 m ² |
| Cargas térmicas |
| a. Por paredes, piso y techo $Qt1 = S * k * (Te - Ti) * 24h$ $Qt1 = 126,09 m^2 * 0,235 W/hm^2°C * (22 °C - (-20 °C)) * 24 h$ $Qt1 = 29 868,20 W$ |

b. Carga Solar

Para el proyecto se utilizará sobretecho

$$Qt2 = 0.00 W$$

c. Carga por cambio de aire

$$Qt3 = V * (\Delta h)n$$

$$Qt3 = 79,38 m^3 * (10,70 W/m^3) * 12,10$$

$$Qt3 = 10 277,33 W$$

d. Carga por personas

N° de personas: 4

Tiempo dentro de la cámara: 2 horas

$$Qt4 = q * n * t$$

$$Qt4 = 390 W/persona * 4 personas * 2 horas$$

$$Qt4 = 3 120,00 W$$

e. Carga por iluminación

N° de luminarias: 5

N° de focos por luminaria: 2 c/u

Potencia: 100 W

$$Qt5 = P * t$$

$$Qt5 = 10 * 100 W * 2 h$$

$$Qt5 = 2 000,00 W$$

f. Calor de la carga por genero

$$Qt6 = (Te - Ti) * m * Ce$$

$$Qt6 = (22 °C - (-20 °C)) * 2 000kg * 3,3 Kj/kg * °C * 0,278 W/kj$$

$$Qt6 = 77 061,60 W$$

g. Carga por calor del embalaje

Material: carros móviles de aluminio (10 kg)

Cantidad: 16

$$Qt7 = 0,879 \text{ Kj/kg} * ^\circ\text{C} * 0,278 \text{ W/kj} * 10 \text{ kg} * (22 ^\circ\text{C} - (-20 ^\circ\text{C})) * 16$$

$$Qt7 = 1\,642,11 \text{ W}$$

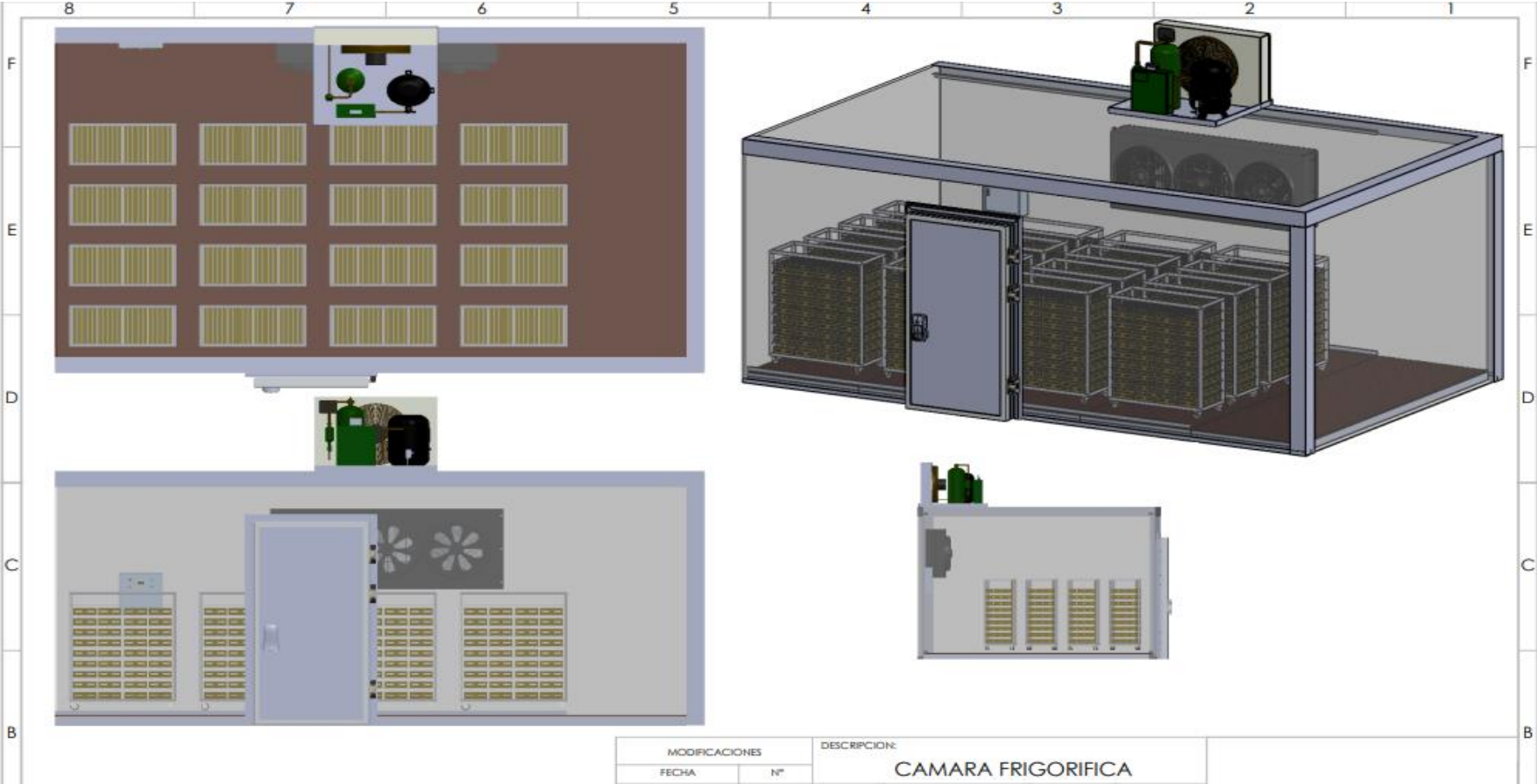
h. Carga por motores

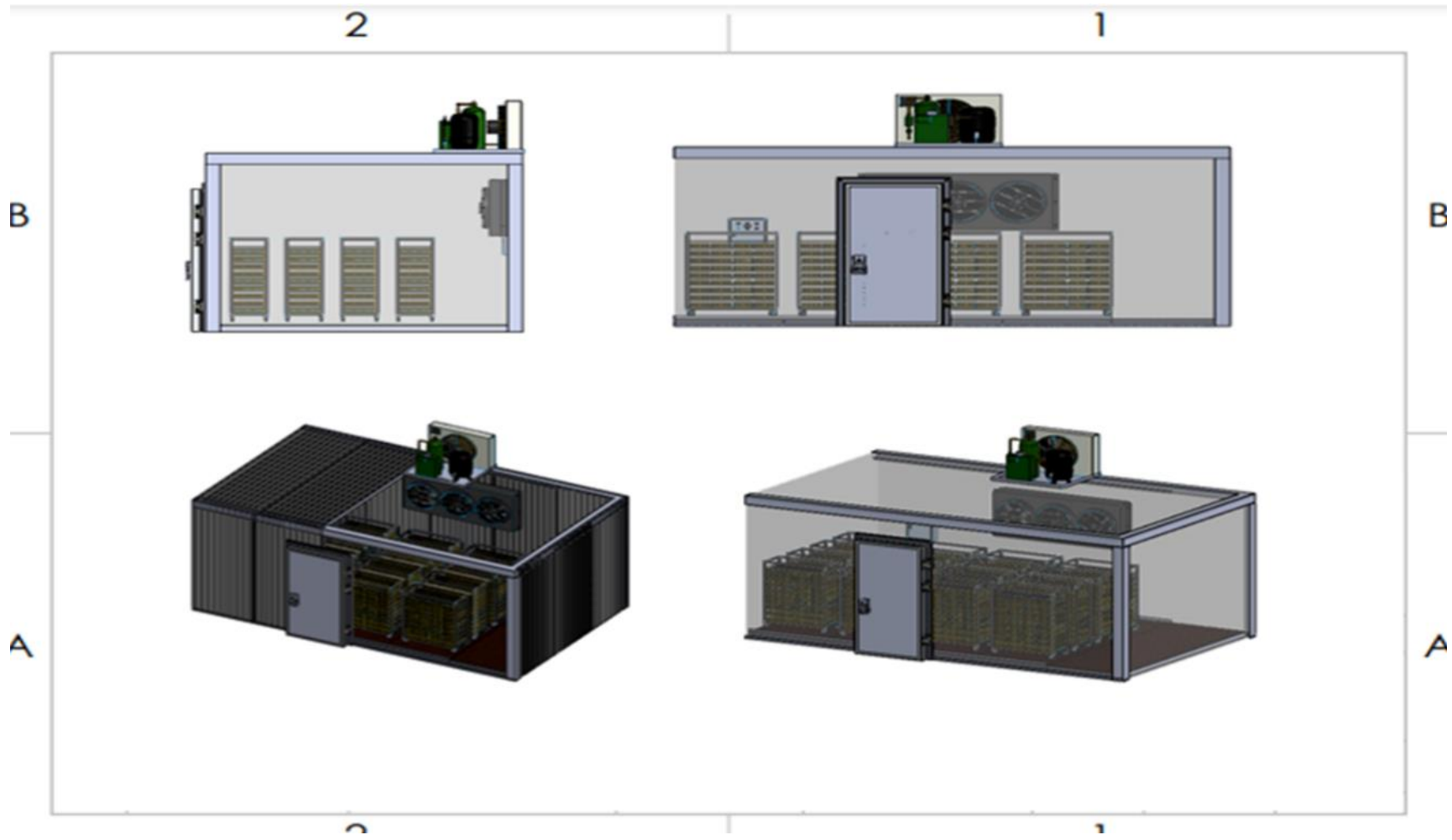
$$Qt8 = 1 * 400 * 15$$

$$Qt8 = 6\,000 \text{ BTU/h}$$

$$Qt8 = 1\,758,43 \text{ W}$$

Anexo 2. Modelo tridimensional de la cámara frigorífica





Anexo 3. Fichas técnicas



SELECCIÓN DE EVAPORADOR ESTÁNDAR

MODELO: ADT 312UC

| | | |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| DISTRIBUIDOR: preview | CONTACTO: preview | EMAIL: preview |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|

FAMILIA:
ADT

PERFIL:
BAJO

CAPACIDAD (MILES BTUH):
31.2

ALETAS POR PULGADA:
6

CFM'S
3900



Las imágenes son meramente ilustrativas, y las características del producto varían sin previo aviso.

| | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| DATOS VENTILADOR: | | | | | DESHIELO: AIRE |
| CANTIDAD: | TIPO DE MOTOR: | VOLTAJE: | | | |
| 6 | ESTANDAR | 230/1/60 | | | |
| | POTENCIA: | AMPERAJE: | | | |
| | 378 | 1.68 | | | |
| DIMENSIONES: | | | | | |
| | ALTO: | LARGO | ANCHO | PESO (KGI) | |
| CM | 37 | 278 | 38 | 57 | |

BOHN de México S.S. de C.V. garantiza las especificaciones de fabricación de nuestros equipos. No sufrirá descuento por el que sea reservado el derecho de hacer cambios a la información contenida en este catálogo, tal como precios, colores, especificaciones, accesorios y accesorios, en cualquier momento y sin previo aviso, sin perjuicio de la conformidad que prevalece a la compra y entrega del equipo. Verifique la información con el departamento de Ingeniería de Bohn de México. Bohn de México S.S. de C.V. se reserva el derecho de cambiar o discontinuar el equipo y/o accesorios que los componen por el motivo que sea en cualquier momento. Algunas fotografías de este catálogo son sólo representativas y pueden variar a discreción. Los equipos son equipados con unidades de refrigeración.

Garantía: Se otorgará un año de garantía por el tiempo de uso de los equipos. Nuestra garantía cubre los errores de fabricación y no cubre el equipo usado en las condiciones para las que fue diseñado. Nuestra garantía está sujeta a las condiciones y especificaciones del equipo. No se incluye mano de obra de instalación o mantenimiento.

BOHN DE MEXICO S.S. DE C.V.
www.bohn.com.mx

| | |
|-------------------------|------------------|
| CANTIDAD: | 1 |
| PRECIO UNITARIO: | \$ 10,020 |
| SUBTOTAL: | \$ 10,020 |

* Precios de lista en dólares americanos. No incluye IVA.



SELECCIÓN DE UNIDAD CONDENSADORA MODELO: MBDX0650M6C

| | | |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| DISTRIBUIDOR: preview | CONTACTO: preview | EMAIL: preview |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|

CAPACIDAD:

| | |
|--------------------|----------------------|
| TEMP. EVAPORACIÓN | CAPACIDAD REQUERIDA |
| 0 F | 31.20 KBTUH |
| TEMP. CONDENSACIÓN | CAPACIDAD DISPONIBLE |
| 110 F | 28.57 KBTUH |
| POTENCIA | VOLTAJE |
| 4.14 KW | 230 |
| CORRIENTE | CAUDAL MÁXICO |
| 6.99 A | 542.23 |
| EER (BTU/W) | CALOR DE RECHAZO |
| 6.89 | 42.71 |



| DATOS ELÉCTRICOS | MOTORES VENTILADOR | COMPRESOR | DIMENSIONES | CONEXIONES |
|------------------|--------------------|------------|-------------|------------|
| FLA: | HP: | TIPO: | ALTO (MM): | LÍQUIDO: |
| 31 | 1/3 HP | Discus | 100 | 5/8" |
| MCA: | CANTIDAD: | MODELO: | LARGO (MM): | SUCCIÓN: |
| 35.8 | 2 | 2DD3R63KE- | 156 | 1-1/8" |
| WHP: | | TEC: | ANCHO (MM): | |
| 60 | | 22.3 | 90 | |
| | | CR: | PESO (KG): | |
| | | 120 | 441 | |

En Bohn de México S.A. de C.V. recomendamos las marcas de fabricantes de nuestros equipos. No estamos obligados por el que nos reservamos el derecho de hacer cambios a la información contenida en este catálogo. Se están mostrando, colores, especificaciones, apariencia, accesorios, en cualquier momento y sin previo aviso, en por el que recomendamos que previo a comprar y entrega de equipo consulte la información con el departamento de Ingeniería de Bohn de México. Bohn de México S.A. de C.V. se reserva el derecho de continuar o discontinuar el suministro de equipos sin avisar que los componen con el equipo que sea en cualquier momento. Algunas fotografías de este catálogo son sólo representativas y pueden variar a discreción. Los equipos especiales se ordenan a medida.

Garantía: la garantía original de garantía por el término de un año contra cualquier defecto de fabricación, siempre y cuando el equipo opere en las condiciones para las que fue diseñado. Nuestra garantía solo se limita a reparar o reemplazar el equipo defectuoso y no incluye el transporte de ida y vuelta.

BOHN DE MÉXICO S.A. DE C.V.
www.bohn.com.mx

| | |
|------------------|-------|
| CANTIDAD: | 1 |
| PRECIO UNITARIO: | 48955 |
| SUBTOTAL: | 48955 |

* Precio de lista en México con IVA incluido, No incluye los

FICHA TÉCNICA DEL GAS REFRIGERANTE R134A :

| | | |
|-----------------------|---|---------------------|
| Producto: | Refrigerante 134A tetrafluoroetano – Iceloong | |
| Propiedad de cloruro: | Peso molecular | 102,03 |
| | Punto de ebullición, ° C | -26,1 |
| | Temperatura crítica, ° C | 101,1 |
| | Presión crítica, Mpa | 4,05 |
| | Calor específico del líquido, 30 ° C, [KJ / (kg · ° C)] | 1,51 |
| | Solubilidad (agua, 25 ° C),% | 0,15 |
| | ODP | 0 |
| | GWP | 0,13 |
| Embalaje | Cilindro de 13.6kg; | |
| Estándar de calidad: | Pureza,% | ≥ 99,9 |
| | Humedad, ppm | ≤ 10 |
| | Acidez, ppm | ≤ 0,1 |
| | Residuos de vapor, PPM | ≤ 100 |
| | Apariencia | Incoloro, no turbia |
| | Olor | No olor extraño |

Anexo 4. Simulación en Solidworks

