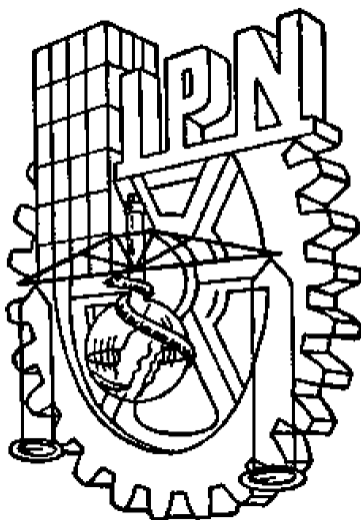


DESARROLLO PROSPECTIVO DE PROYECTO I

Cálculo y diseño de una cámara de refrigeración para la conservación de insulina en la Ciudad de México

Entrega final: Capítulo I, II y III



Entrega:

Israel Monjaraz Ramírez

2020360966

Directores del proyecto:

Dr. Alejandro Zacarías Santiago

M en C. Cuauhtémoc Jiménez Castillo

Profesores responsables de la asignatura:

M en C. Galindo Carreño Elías Emmanuel

Dr. Soto Muciño Luis Enrique

25.06.2024

Índice general

Índice general	I
Índice de cuadros	III
Índice de figuras	IV
Planteamiento del problema	IV
Objetivo general	IV
Objetivos específicos	IV
Delimitación	IV
Justificación	IV
Justificación social	IV
Justificación práctica	IV
Beneficios esperados	IV
CAPÍTULO III. Meta diseño	1
Introducción	1
3.1. Identificación y estructuración de la necesidad detectada	2
3.1.1. Necesidad básica	2
3.1.2. Metodología de identificación de la necesidad	2
3.1.3. Necesidades tecnológicas específicas	3
3.2. Interrogantes del diseño artefactual	3
3.3. Marco teórico	8
3.3.1. Carga del producto	9
3.3.2. Cargas térmicas de climatización	10
Cargas sensibles	10
Cargas latentes	13
3.4. Ecodiseño	14
3.5. Restricciones técnicas internas y externas	15
3.5.1. Factor de Seguridad	15
3.5.2. Dimensionamiento y Aislamiento de la Cámara de Refrigeración	16
Cargas por conducción en paredes y techo	17
Cargas por infiltración de aire	18
Cargas del producto a refrigerar	20
3.5.3. Sistema de refrigeración	20
Selección del evaporador	20
Selección de motor	22
Bases teóricas de la refrigeración.	23

Energía.	23
Primera ley de la termodinámica	23
Segunda ley de la termodinámica	25
Formalismo de Refrigeración	26
3.5.4. Distribución del Aire	27
3.5.5. Dimensionamiento de puerta	28
3.6. Lineamientos de regulación del sistema artefactual (Normativas y regulaciones)	28
3.6.1. Normas oficiales Mexicanas	29
3.6.2. Recomendaciones para Cámaras Frigoríficas	29
3.6.3. Consideraciones Específicas para Cámaras Frigoríficas	29
3.6.4. Normativa y requisitos para cámaras frigoríficas comerciales	30
3.7. Conceptualización De Sistema Artefactual (bosquejo general)	30
3.7.1. Bosquejo general del sistema: cámara frigorífica	31
3.7.2. Diagrama a bloques del proceso de trabajo	32
Diagrama de flujo	33
3.7.3. Diagrama de funcionamiento general de sistema	35
3.8. Listado de partes de los componentes del sistema	36
3.9. Identificación del conjunto y/o subconjunto por área tecnológica	37
3.10.Descripción de la interacción del elemento componente del sistema.	40
3.11.Proceso del meta diseño de un sistema artefactual tecnológico	40
3.12.Alternativas tecnológicas de los componentes	42
3.13.Selección de los componentes del sistema artefactual tecnológico	43
3.14.Informática para el control del proceso	45
3.15.Conclusión	48
Glosario	49
Referencias	51
Anexos	54
Tablas	54
Imágenes	56

Índice de cuadros

3.1. Características de Humalog Insulina lispro.	4
3.2. Características de Lantus Insulina Glargina	4
3.3. Resumen de información sobre el clima y características del valle de México.	5
3.4. valores de las máximas aportaciones solares a través de vidrio sencillo	12
3.5. Requisitos de ecodiseño para unidades condensadoras	15
3.6. Requisitos de ecodiseño para enfriadoras de proceso de media y baja temperatura	15
3.7. Requisitos de ecodiseño para enfriadoras de proceso de alta temperatura	15
3.8. Estimación del número de veces que se renueva el aire en las cámaras por día	19
3.9. Selección de motores de acuerdo a su carga	22
3.10. Identificación de elementos principales de forma general del sistema.	37
3.11. Conjunto 1: Listado de componentes mecánicos/térmicos del sistema de refrigeración	38
3.12. Conjunto 2: Listado de componentes eléctricos y electrónicos del sistema de refrigeración	38
3.13. Conjunto 3: Listado de componentes de automatización del sistema de refrigeración	39
3.14. Conjunto 4: Listado de componentes ergonómicos del sistema de refrigeración	39
3.15. Identificación de las partes esenciales de los componentes del sistema	41
3.16. Alternativas tecnológicas de los componentes	43
3.17. Selección de los componentes del sistema artefactual tecnológico	44
3.18. Elementos principales seleccionados de forma general del sistema.	47

Índice de figuras

3.1. Envase de insulina Humalog 10ml	4
3.2. Envase de insulina Lantus 10ml	4
3.3. Diagrama de un sistema de refrigeración típico con R-134a	7
3.4. Carga térmica vs humedad relativa	12
3.5. El Grupo CIAT implementa el Ecodiseño en sus sistemas de climatización y refrigeración.	14
3.6. Vista general de la cámara de refrigeración	18
3.7. Funcionamiento del evaporador	21
3.8. Vistas de un sistema de evaporador. Creado en AutoCAD, basado en	21
3.9. Representación de un sistema cerrado con interacciones de calor Q y Trabajo W sin intercambio de masa.	24
3.10. Representación de un sistema abierto con interacciones de calor Q y Trabajo W . Los intercambios de masa son las líneas con la \dot{m} fuera del sistema. . .	25
3.11. Diagrama esquemático del ciclo de refrigeración por compresión de vapor. .	27
3.12. Vista frotal 3D de la cámara vacía y sus componentes esenciales	31
3.13. Vista lateral derecha de la cámara y sus componentes de enfriamiento . . .	32
3.14. Diagrama de flujo para el proceso de gestión de insulina en una cámara frigorífica.	33
3.15. Diagrama de flujo para el proceso de gestión de insulina en una cámara frigorífica.	34
3.16. Mapa mental para el diseño de una cámara de refrigeración para conservar insulina en la CDMX.	35
3.17. Vista frontal de la cámara.	36
3.18. Elementos componentes principales del sistema de refrigeración a diseñar. .	37
3.19. Diseño preliminar final, vista frontal	46
3.20. Vista de la cámara con el diseño final nivel de cableado	46
3.21. Sistema de ventilación	46
3.22. Vista interior de la cámara de refrigeración (Sistema de ventilación)	47

Planteamiento del problema

La diabetes mellitus representa sin lugar a dudas uno de los retos más importantes como causa principal de muerte entre mexicanos, esta enfermedad ha aumentado el número de defunciones más de treinta veces durante los últimos 50 años. De tan solo 1500 muertes reportadas en 1955 para el año 2000 ya había incrementado a más de 47 mil muertes. Actualmente INEGI en su comunicado de prensa del 26 de enero de 2024, reportó que la diabetes fue catalogada como la segunda causa de muerte principal en mexicanos en el período enero-junio del año inmediato anterior esto con un total de 55,885 defunciones. (Hernández & Olaíz, 2013; INEGI, 2024)

Ahora bien, la diabetes es una enfermedad metabólica crónica y actualmente no cuenta con cura. Generalmente la diabetes se presenta cuando el cuerpo no produce las cantidades necesarias de insulina es por esto que la producción de insulina se ha vuelto indispensable en la industria farmacéutica.

Tanto en la producción y su posterior distribución, la insulina requiere de condiciones térmicas específicas para conservar su eficacia y estabilidad. La temperatura es la condición vital en este fármaco, para así asegurar altos estándares de calidad. La temperatura de refrigeración ideal de la insulina es de 2 a 8 grados Celsius. Es decir, la temperatura de conservación es muy específica puesto que la insulina es de los medicamentos más sensibles a temperaturas elevadas además tampoco es recomendable llegar al punto de congelación.

La Ciudad de México lidera el consumo de insulina a nivel nacional. A través de su plataforma digital Data México la Secretaría de Economía (SE) reportó que la entidad capitalina del país mexicano acumuló un total de \$4.39 millones de dólares en compras internacionales de insulina (Data México, 2022).

En este sentido, la cadena de frío (refrigeración), es una de las actividades, si no la más importante, que los centros de almacenamiento y distribución, en este caso hospitales.

Objetivo general

Objetivos específicos

Delimitación

Justificación

Justificación social

Justificación práctica

Beneficios esperados

Capítulo III. Meta diseño

Diseño preliminar del proyecto



Introducción

El diseño óptimo de frigoríficos usados en la industria para enfriar y congelar productos cada vez más requieren urgentemente de, (i) información técnica de los diversos sistemas existentes, de sus componentes así como de sus aspectos técnicos y operativos del mismo equipo; (ii) memorias de cálculos de análisis energético y exergético para optimizar el diseño del sistema; (iii) uso de las metodologías de refrigeración correctas, (iv) análisis del rendimiento de los componentes; (v) análisis de datos de refrigeración para el diseño de estos mismos sistemas existentes (Dincer y Kanoglu, 2010).

Derivado de lo anterior, en este capítulo se abordan los fundamentos del diseño óptimo de una cámara de refrigeración para el almacenamiento de insulina, considerada como una parte crítica en la cadena de suministro de medicamentos sensibles a la temperatura. Se hace hincapié en la necesidad de un enfoque multidisciplinario y colaborativo para abordar los desafíos relacionados con el almacenamiento de insulina y se destacan las oportunidades futuras para la mejora continua y la innovación en este campo crucial de la atención médica.

Comprender los principios fundamentales de la preservación de la eficiencia y el diseño de cámaras frigoríficas en ingeniería es esencial para garantizar la integridad y la eficacia de la insulina, un medicamento vital para millones de personas con diabetes en nuestro país.

En el desarrollo de este capítulo, se presenta una estructura clara y detallada para abordar la complejidad de esta tarea. En primer lugar, se analiza exhaustivamente la problemática específica que se busca resolver con este proyecto de ingeniería, centrada en la falta de equipo frigorífico para insulina en la Unidad Médica Familiar 40, ubicada en Azcapotzalco, Ciudad de México. Esta carencia no solo representa un desafío logístico, sino que también compromete la calidad y la eficacia del tratamiento para los pacientes que dependen de este medicamento para controlar su enfermedad (la diabetes).

A continuación, se ahonda en las herramientas del diseño, explorando aspectos técnicos clave para comprender mejor el problema y la solución propuesta. Este análisis incluye la evaluación de requisitos de temperatura, capacidad de almacenamiento, eficiencia energética y otros aspectos relevantes para el diseño y funcionamiento óptimo de la cámara de refrigeración.

Luego, se detallan postulados o marcos de referencia relevantes para la solución de la problemática. Desde el manejo adecuado y seguro de la insulina hasta conceptos teóricos avanzados en el campo de la refrigeración, esta sección proporciona un contexto teórico sólido para informar el diseño y la implementación de la solución.

El cuarto apartado se centra en el ecodiseño, destacando la importancia de considerar criterios de eficiencia y sostenibilidad ambiental en todas las etapas del proceso de diseño y fabricación. Al abordar estos aspectos desde el inicio del proyecto, se busca minimizar el impacto ambiental del sistema de refrigeración y promover prácticas responsables en el uso de recursos naturales.

Seguidamente, se presentan las restricciones técnicas, tanto internas como externas, que deben tenerse en cuenta en soluciones de ingeniería de este tipo. Desde la confiabilidad y seguridad del sistema hasta las políticas y regulaciones que rigen su implementación, estas

restricciones juegan un papel crucial en la viabilidad y el éxito del proyecto.

En el sexto apartado, se examinan las regulaciones normativas y legales relacionadas con el diseño de ingeniería y el manejo de la insulina como medicamento destinado al uso de pacientes con diabetes. Cumplir con estas regulaciones es fundamental para garantizar la calidad y seguridad del sistema de refrigeración, así como para mantener la integridad de los medicamentos almacenados.

Posteriormente, se proporciona un bosquejo general del proyecto y su listado de componentes, detallando los elementos clave que formarán parte de la solución final. Esto incluye desde los componentes mecánicos y eléctricos hasta los sistemas de monitoreo y control que garantizarán el funcionamiento eficiente y confiable de la cámara de refrigeración.

Cabe mencionar que gran parte del trabajo desarrollado en este capítulo se logró de manera eficiente por la ayuda otorgada por el Coordinador de Farmacia Familiar en la Unidad Médica Familiar 40, el señor David Ledesma.

Finalmente, se presentan las conclusiones, resumiendo los hallazgos clave y destacando la importancia del desarrollo de este capítulo en el contexto más amplio del proyecto.

3.1. Identificación y estructuración de la necesidad detectada

3.1.1. Necesidad básica

Los requerimientos son inherentes a cualquier entidad biológica y se refieren a una percepción generada por la noción de carencia, ya sea en términos materiales, físicos o emocionales. Constituyen uno de los pilares esenciales de la existencia, no solo del ser humano sino también de otras formas de vida. Es la exigencia la que impulsa a los organismos a emprender acciones en búsqueda de metas que les permitan cubrir aquello que consideran necesario. En este sentido, una carencia tecnológica se describe como la discrepancia entre la tecnología existente y la necesaria para potenciar el rendimiento y la competitividad del sector industrial (Marrelli, 2011; Gobierno de México, 2018).

En el contexto del sistema de refrigeración para la conservación de insulina, la necesidad tecnológica se centra en la falta de equipos frigoríficos adecuados para garantizar la estabilidad y eficacia de la insulina almacenada en la Unidad Médica Familiar 40 (U.M.F 40) en Azcapotzalco, Ciudad de México.

3.1.2. Metodología de identificación de la necesidad

La identificación de las necesidades tecnológicas se llevó a cabo mediante una entrevista personal con Ledesma D. Coordinador de Farmacia Familiar en la U.M.F 40 el día 03 de mayo de 2024 en las instalaciones de dicha unidad. En esta visita se recabó información de manera exhaustiva de la situación actual en la unidad, así como a través de un par de consultas con profesionales de la salud dentro de esta misma unidad. Se realizaron visitas al lugar para evaluar las condiciones de almacenamiento de insulina y se recopiló información sobre los problemas y desafíos existentes.

3.1.3. Necesidades tecnológicas específicas

De acuerdo a la entrevista ya mencionada y las visitas realizadas en más de una ocasión, se enlistan algunas de las carencias tecnológicas que se han detectado al interior de la farmacia de medicina familiar y en la red de frío de la U.M.F 40.

1. Infraestructura: Falta de equipos frigoríficos adecuados y mantenidos para mantener la temperatura requerida para la conservación de insulina. "Se cuenta con una sola unidad de refrigeración para insulina con más de 20 años operando".
2. Conocimiento: Escasez de información o capacitación sobre el diseño y operación de sistemas de refrigeración para la conservación de insulina. "Solo dos personas aquí entendemos qué pasa internamente con la cámara cuando deja de funcionar".
3. Metodologías de trabajo: Falta de procedimientos estandarizados para la gestión y distribución de insulina en unidades médicas- "La logística realmente está en otros hospitales, entonces muchas veces el personal actúa según sus criterios o conocimientos". (Ledesma, 2024)
4. Herramientas: Carencia de tecnología de refrigeración específicamente diseñada y adaptada para las necesidades de conservación de insulina en entornos médicos. Como ya se mencionó, el equipo con el que se cuenta es demasiado obsoleto". (Ledesma, 2024)

3.2. Interrogantes del diseño artefactual

Tener un compendio de preguntas en base al diseño que se desee realizar, sirven como herramientas fundamentales para comprender, evaluar y mejorar el proceso de creación de equipos de ingeniería con propósitos específicos. Estas preguntas también servirán de guía en el camino del diseño.

1. *¿Cuál es el producto y/o artículo que se va a manejar?*

De acuerdo a la información recabada en la visita a la unidad 40 del IMSS se sabe que a los pacientes diabéticos se les proporciona dos tipos de insulina para su tratamiento, **Humalog Insulina Lispro** Figura 3.1 e **Insulina Lantus** Figura 3.2, este par de medicamentos se suministran directamente por parte del gobierno por lo que la logística del proceso en la cadena de suministro está debidamente regulada.

Nota: 100 u/ml es el equivalente para 100 unidades/mililitros por solución inyectable en un vial para ambos productos. Como se aprecia en las cuadros de información. (Vea Cuadros 3.1 y 3.2) las magnitudes de medida y envasado son muy similares en ambos medicamentos de distinta marca, pero se consideran para cuestiones cálculos de capacidad en el siguiente capítulo.

Cuadro 3.1: Características de Humalog Insulina lispro.

(CIMA Agencia Española, 2015)

Característica	Humalog Insulina lispro (100 u/ml)
Peso	100g
Tipo de envasado	Caja + frasco de vidrio (12cm × 3.5cm)
Rendimiento	Alta
Precisión	(>95 %)
Refrigeración	Entre 2°C y 8°C
Tipo de producto	Líquido en frasco de vidrio ambar DIN18

Cuadro 3.2: Características de Lantus Insulina Glargina

(CIMA Agencia Española, 2006)

Característica	Lantus® Insulina
Peso	100g
Tipo de envasado	Caja + frasco de vidrio (12cm × 3.5cm)
Rendimiento	Alta
Precisión	(>95 %)
Refrigeración	Entre 2°C y 8°C
Tipo de producto	Líquido en frasco ampula



Figura 3.1: Envase de insulina Humalog 10ml

Fuente: (Farmacias San Pablo, 2024)



Figura 3.2: Envase de insulina Lantus 10ml

Fuente: (Farmacias del Ahorro, 2024)

2. ¿Qué tipo de producción se va a realizar?

El principal motivo de la cámara frigorífica será la **conservación de la insulina**, específicamente los dos tipos de insulina ya descritos. También el proceso de conservación implica actividades como las que se mencionan en la pregunta 5. Estas actividades de producción se centran en asegurar que la insulina se mantenga en condiciones óptimas para su uso seguro y efectivo en el tratamiento de la diabetes.

3. ¿Qué tipo de línea de producción?

En el caso de la conservación de insulina, se usará **una línea de producción específica** y dedicada exclusivamente a este medicamento. Es fundamental evitar la mezcla de insulina con otros productos farmacéuticos debido a razones de seguridad y eficacia. La insulina es un medicamento vital para el tratamiento de la diabetes, y cualquier contaminación cruzada o confusión en su distribución puede tener

consecuencias graves para la salud de los pacientes. Además, el manejo de múltiples productos en la misma línea de producción aumenta el riesgo de errores humanos y puede comprometer la calidad y pureza del medicamento. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente que la línea de producción de insulina se mantenga separada y dedicada exclusivamente a este medicamento, garantizando así la seguridad y eficacia de su producción y distribución. (Ledesma, 2024)

4. ¿Qué condiciones ambientales se requieren?

Dado que el equipo frigorífico está destinado para ubicarse en la U.M.F 40, se tomarán variables metereológicas de la Ciudad de México espacialmente ubicándose en las coordenadas de la alacaldía Azcapotzalco, puesto que en (Cressie, 1993) se menciona que las variables medidas espacialmente tienen dependencia y correlación es válido tomar datos medidos a nivel general de la CDMX. (Vea Cuadro 3.3)

Cuadro 3.3: Resumen de información sobre el clima y características del valle de México.

(Clima. Distrito Federal, s.f.)	
Información	Detalle
Clima	<ul style="list-style-type: none"> ■ Templado subhúmedo: 87 % ■ Seco y semiseco: 7 % ■ Templado húmedo: 6 %
Temperatura media anual	16°C
Temperaturas extremas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Más alta (>25°C): marzo a mayo ■ Más baja (alrededor de 5°C): enero
Precipitación total anual	<ul style="list-style-type: none"> ■ Región seca: 600 mm ■ Parte templada húmeda: 1 200 mm
Ecosistemas	Avance de la mancha urbana ha puesto en peligro todos los ecosistemas, especialmente los lagos.
Uso de suelo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zona urbana: mayor parte del territorio ■ Zonas agrícolas: principalmente al sur y sureste, con cultivos de maíz, frijol, avena, nopal, hortalizas y floricultura.

5. ¿Cual es el proceso de trabajo que tiene que realizar el sistema artefactual?

- Recepción: Ingreso de la insulina como penúltimo punto de la cadena de suministro descrita en la figura 2.15 para poder ser entregada al paciente cuando lo solite.

- Pre-enfriamiento: Reducimos la temperatura del medicamento y mantenemos en un valor fijo de temperatura, la cual se decide en cuestión del consumo energético de la zona.
- Almacenar: Mantener la insulina a la temperatura adecuada (2°C a 8°C) para garantizar su estabilidad y eficacia .
- Conservar: Proteger la insulina de condiciones ambientales adversas que puedan afectar su calidad, en nuestro caso los sismos (temblores).
- Supervisar: Monitorizar constantemente la temperatura y otras condiciones dentro de la cámara para asegurar que se mantengan dentro de los rangos aceptables, se adjuntará un sensor de temperatura para que cuando la temperatura en el sistema comience a subir este baje la temperatura a 2°C nuevamente.
- Registrar: Mantener registros precisos de los niveles de inventario, fechas de vencimiento y otros datos relevantes para el seguimiento y la trazabilidad del producto. Actividades destinadas al personal para control interno y para temas de mantenimiento del equipo.
- Organizar: Distribuir y organizar la insulina de manera eficiente dentro de la cámara para facilitar su acceso y manejo. Se dispondrán de divisiones horizontales comunes para poder diferenciar ambas marcas de insulina.

6. *¿Cuántas etapas de trabajo tiene que realizar el sistema artefactual?*

Según Cengel(2009), el ciclo real de refrigeración por compresión consta de los siguientes procesos vea Figura la ??: evaporación, compresión, condensación y expansión, por lo cual siguiendo este ciclo se destinarán las etapas de trabajo que va a realizar nuestro sistema. Entonces el diseño realizará **6 etapas** para llevar a cabo la refrigeación y conservación de la insulina.

- i) Inicio del Sistema: Cuando se enciende el sistema de refrigeración, el compresor es el primer componente en activarse. El compresor es el motor del sistema y su función es comprimir el refrigerante gaseoso.
- ii) Compresión del Refrigerante: El compresor aumenta la presión y la temperatura del refrigerante gaseoso. Este proceso demanda una cantidad considerable de energía, especialmente para superar la resistencia de la compresión.
- iii) Transferencia de Calor en el Condensador: El refrigerante comprimido se dirige hacia el condensador, donde cede calor al entorno circundante. El condensador, un intercambiador de calor, convierte el refrigerante gaseoso en líquido al disipar el calor hacia el exterior.
- iv) Expansión del Refrigerante en la Válvula de Expansión: Después de enfriarse en el condensador, el refrigerante pasa a través de la válvula de expansión. Esta válvula reduce la presión del refrigerante y lo dirige hacia un conducto más

estrecho, lo que resulta en una rápida disminución de la temperatura.

- v) Absorción de Calor en el Evaporador: El refrigerante líquido y frío ingresa al evaporador, donde absorbe el calor del entorno interior de la cámara de refrigeración. Durante este proceso, el refrigerante se evapora y extrae calor del ambiente, manteniendo así una temperatura baja en el interior de la cámara.
- vi) Retorno del Refrigerante al Compresor: Una vez que el refrigerante ha absorbido el calor, regresa al compresor en forma de vapor para reiniciar el ciclo de refrigeración.

Durante todo este proceso, diversos componentes del sistema, como los tubos y conexiones, el aceite lubricante, los controladores y sensores, y el aislamiento, colaboran para garantizar un funcionamiento eficiente y confiable. (Inditer, 2023; Cengel, 2009)

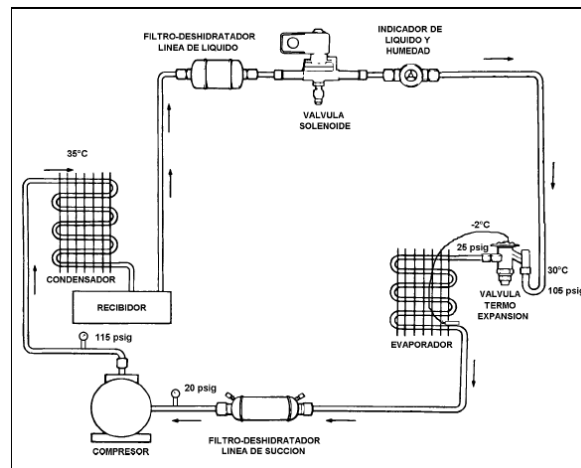


Figura 3.3: Diagrama de un sistema de refrigeración típico con R-134a
Fuente: (Agustín y Vanegas, 2011)

7. *¿El diseño del sistema artefactual puede ser modular y flexible?* **Sí** De acuerdo con los sitios web de las empresas Hogartecnocasa y Inditer un sistema modular es aquél que puede ser manipulado mediante un ordenador o software especializado y que en sí mismo puede ser dividido en sistemas más pequeños, en los cimientos de este proyecto es un aspecto que no se considerará como parte del estudio por las premuras del tiempo, sin embargo es algo que sin duda puede considerarse. No obstante el proyecto en cuestión sí que es flexible por sus dimensiones que serán designadas bajo un análisis profundo en el siguiente capítulo.
8. *¿Se puede aplicar la inteligencia artificial y la robotización en el sistema?*
Sí, es factible aplicar tanto la inteligencia artificial (IA) como la robotización en un sistema de refrigeración destinado a la preservación de la insulina. Estas tecnologías pueden aportar una serie de ventajas significativas en términos de eficiencia, automatización y optimización del rendimiento del sistema. En Madriz-Ramírez, Solano-Núñez, y Rodríguez-Calvo, et. al. (2022), se ha trabajado en un

diseño especializado en refrigeración que resulta novedosa y práctica, este es un ejemplo práctico de como técnicas modernas pueden coadyuvar a mejorar la eficiencia y optimización de proyectos en ingeniería que a lo largo de los años han ido adaptándose también y como era de esperarse la ingeniería mecánica aplicada a los sistemas de refrigeración no serían la excepción.

9. *¿Cómo podemos aprovechar las nuevas fuentes de datos?*

El gran campo que se ha creado entorno a los datos era conocida como "big data" por los investigadores sin lugar a dudas puede ser de gran utilidad para el diseño óptimo de sistemas de refrigeración ya que de bases de datos históricas podemos determinar el tiempo de fallo de componentes o tiempos de vida útil, así como de ellas se pueden sacar ventajas para la predicción de la falla de componentes, la monitorización en tiempo real también puede ser una herramienta novedosa aplicada al campo de estudio que concierne este proyecto. Finalmente en el siguiente artículo hecho por investigadores de China muestran estudios de lo potenciales que pueden ser estas nuevas bases de datos y modelos en monitorización de temperaturas en distintas temporadas del año, vea (Liu, Sun, Hao, y Liu, 2021) para más detalles.

10. Conexión a un HOST (computadoras, tabletas móviles, portátiles)

De igual manera, la conexión a estos dispositivos que cada día son más frecuentes en el uso cotidiano sin dudarlo ayudarían mucho a los sistemas de vigilancia remotas en tiempo real del sistema de refrigeración, por ejemplo en tiempos de epidemia en donde el contacto con material de salud suele ser muy delicado para evitar contagios se pueden aplicar a la regulación de la temperatura y de humedad desde algún dispositivo móvil.

11. *¿Se puede aplicar el desmantelamiento y reciclado del sistema al ciclo de uso?* Esta es una de las problemáticas principales que se siguen trabajando en los diseños de ingeniería en el campo farmacéutico, debido a que por normas oficiales los instrumentos y equipos de trabajo destinados a la salud pública tienen estrictamente prohibido la reutilización en actividades que no sean internas de la instancia de gobierno (clínica, UMF, hospitales, etc), sin embargo es claro que para fines del mismo equipo con autorización de expertos en área de salud y diseño farmacéutico estos componentes o equipos pueden ser reutilizados en un equipo nuevo o averiado.

3.3. Marco teórico

La insulina, al igual que otros fármacos basados en hormonas peptídicas, está sujeta a la influencia de las condiciones ambientales, lo cual impacta su estabilidad y eficacia terapéutica. A pesar de la omnipresencia de la insulina en múltiples etapas de la cadena de suministro y su uso diario por personas con diabetes, existe una notable falta de investigación sobre cómo varía su potencia durante la cadena de frío y hasta el momento de su administración.

Para garantizar la calidad y eficacia de la insulina, es fundamental comprender cómo el

calor y el frío afectan su estabilidad. Las recomendaciones de almacenamiento reflejan la importancia de mantener condiciones específicas de temperatura para preservar la integridad del medicamento. Sin embargo, la falta de datos públicos sobre la estabilidad de la insulina y su potencia en diferentes condiciones de almacenamiento dificulta la evaluación de los riesgos asociados con su uso. (Heinemann y cols., 2020)

Además, mejorar la eficiencia energética en sistemas de refrigeración es crucial, especialmente considerando que los sistemas HVAC&R son notoriamente grandes consumidores de energía. La adopción de tecnologías más ecológicas, como compresores de corriente continua y el uso de energías renovables, ofrece oportunidades significativas para reducir costos y minimizar el impacto ambiental de estos sistemas. Investigaciones en este campo están en curso, buscando desarrollar sistemas de refrigeración más eficientes y sostenibles.

Por último, en el diseño de cámaras de refrigeración, es esencial tener en cuenta tanto los cálculos teóricos como la teoría detrás de los principios de refrigeración. Esto garantiza que las cámaras cumplan con los estándares de temperatura necesarios para preservar la integridad de los productos farmacéuticos, como la insulina, y mantener la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración. Un diseño bien fundamentado asegura un almacenamiento adecuado y seguro de medicamentos sensibles a la temperatura, contribuyendo así a la salud y bienestar de los pacientes. (Parise y Marques, 2005)

3.3.1. Carga del producto

En la termodinámica clásica, nos interesan principalmente los cambios y las transferencias de energía y masa entre ciertos cuerpos (por ejemplo, un tanque de agua o una cantidad de gas, etc.). Para clarificar las discusiones, llamamos al cuerpo particular de interés (o región del espacio) el sistema. El sistema a menudo (pero no necesariamente) está contenido dentro de algún límite físico. Cuando el límite del sistema permite que la materia (masa) entre o salga del sistema, se dice que es un sistema abierto. Cuando el límite del sistema no permite que la masa entre o salga del sistema, pero permite que el trabajo y/o el calor se transfieran a través del límite, se dice que es un sistema cerrado. En el caso inusual de que el límite del sistema no permita que ni la masa ni la energía (en forma de calor o trabajo) crucen el límite, se dice que es un sistema aislado.

La distinción entre sistemas abiertos y cerrados es importante, ya que los análisis termodinámicos de sistemas cerrados tienden a ser más simples, debido al hecho de que no tenemos que considerar los cambios en la energía de un sistema producidos simplemente por la transferencia de masa con su energía intrínseca dentro o fuera del sistema. Este es el caso del refrigerante en un refrigerador o bomba de calor (siempre que no haya fugas), y por lo tanto solo necesitamos considerar los efectos de transferencia de trabajo y calor. (Carson, 2013)

De acuerdo con Bohn de México, (2014) algunas consideraciones importantes para el diseño frigorífico en base un producto perecedero la carga de producto recae en lo siguiente.

1. Cuando un artículo se introduce en una cámara de refrigeración o congelación, su temperatura disminuye hasta alcanzar la temperatura deseada, (vea el anexo 1) , para conocer algunas características comunes a considerar en el diseño. Este proceso involucra tres componentes de carga térmica:
 - a) El calor específico se refiere a la cantidad de calor que se debe extraer de una libra de producto para reducir su temperatura en 1°F. Este valor varía dependiendo de si el producto está por encima o por debajo del punto de congelación.
 - b) El calor latente, conocido como calor de fusión, es la cantidad de calor que se debe eliminar para congelar una libra de producto. La mayoría de los productos tienen un punto de congelación típico, y se puede estimar en 28°F si no se conoce exactamente.
 - c) La respiración es el calor generado por frutas y verduras frescas mientras están almacenadas, debido a su actividad metabólica. Este calor varía según el tipo y la temperatura del producto y se mide en unidades BTU por libra por día.
2. Cuando se calcula la carga del producto con un tiempo de abatimiento diferente a 24 horas, se debe aplicar un factor de corrección, que es la relación entre 24 horas y el tiempo de abatimiento, a la carga del producto.
3. Es importante tener en cuenta que, aunque se pueda calcular el abatimiento de temperatura del producto, no se puede garantizar la temperatura final debido a diversos factores externos e incontrolables, como el tipo de empaque, la posición de la carga y el método de almacenamiento.

3.3.2. Cargas térmicas de climatización

Es importante para el control clínico de la insulina mantener adecuadas la temperatura y la humedad en condiciones ideales para la preservación segura de este medicamento.

El análisis de las cargas térmicas es un proceso llevado a cabo por expertos para evaluar las demandas de climatización de un entorno, sin importar su propósito, ya sea residencial, comercial o industrial. La carga térmica se refiere a la cantidad de energía requerida para mantener o alcanzar ciertas condiciones de temperatura y humedad en un espacio específico, adaptándose a su uso particular, ya sea en un hogar para determinar las necesidades de calefacción, o en un almacén de alimentos congelados para garantizar sistemas de refrigeración confiables. (Sistemas de ventilación S&P, 2023)

Cargas sensibles

Las cargas sensibles incluyen la transmisión de calor a través de los cerramientos opacos y traslúcidos, la radiación solar, la ventilación o infiltración de aire, la ocupación del local, la iluminación y la maquinaria presente en el espacio.

■ **Cargas por transmisión a través de cerramientos opacos**

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (3.1)$$

Siendo:

Q : carga térmica por transmisión (W)

U : transmitancia térmica del muro ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

A : superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas (m^2)

ΔT : diferencia de temperaturas, corregida según la orientación del muro y su peso

■ **Cargas por transmisión a través de cerramientos traslúcidos**

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (3.2)$$

Donde:

ΔT : diferencia de temperaturas entre las caras interior y exterior del cerramiento ($^\circ\text{C}$)

■ **Cargas térmicas por radiación solar**

$$Q = S \cdot R \cdot f \quad (3.3)$$

Siendo:

S : superficie traslúcida expuesta a la radiación (m^2)

R : radiación solar que atraviesa un vidrio sencillo (W/m^2)

f : factores de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio

En la tabla 3.3.2 se dan los valores de las máximas aportaciones solares a través de vidrio sencillo.

En cuanto a los coeficientes de corrección f , los que se aplican habitualmente son el de marco metálico ($f = 1.17$) y el factor solar del vidrio, que los fabricantes indican en sus fichas técnicas como g . En caso de que queramos aplicar dos coeficientes de corrección, deberemos multiplicarlos.

■ **Carga sensible por ventilación o infiltración de aire exterior**

$$Q = V \cdot 0.34 \cdot \Delta t \quad (3.4)$$

Donde:

V : caudal de aire infiltrado o de ventilación (m^3/h)

Δt : diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el interior ($^{\circ}\text{C}$)

Cuadro 3.4: valores de las máximas aportaciones solares a través de vidrio sencillo

Fuente: (Carrier, 1980)

Latitud Norte	Mes	Orientación								
		Máximas aportaciones solares R (W/m^2)								
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.
30°	Junio	63	437	506	283	66	283	506	437	786
	Julio y Mayo	50	412	515	314	94	314	515	412	774
	Agosto y Abril	34	339	519	405	197	405	519	339	739
	Sept.y Marzo	28	283	496	478	329	478	496	283	666
	Oct. y Febrero	24	122	425	513	456	513	425	122	563
	Nov. y Enero	22	50	364	509	500	509	364	50	456
	Diciembre	19	37	329	509	513	509	329	37	412
40°	Junio	53	418	509	349	169	349	509	418	745
	Julio y Mayo	46	399	515	393	217	393	515	399	732
	Agosto y Abril	34	320	509	458	320	459	509	320	673
	Sept.y Marzo	28	182	469	509	440	509	469	182	575
	Oct. y Febrero	22	109	383	513	509	513	383	109	405
	Nov. y Enero	15	37	314	491	522	491	314	37	324
	Diciembre	15	31	270	465	519	465	270	31	267

El siguiente escenario fue realizado bajo una temperatura ambiente constante de 43°C , sin la presencia de productos en su interior. Como se evidencia en la figura 3.4 la pendiente de la carga térmica en el conservador es mayor en el congelador. Este comportamiento se debe principalmente a las dimensiones del conservador las cuales dan lugar a un mayor intercambio de aire con el entorno circundante a la nevera. (Rio, Isaza-Roldan, Jara, Mejia, y Ospina, 2014)

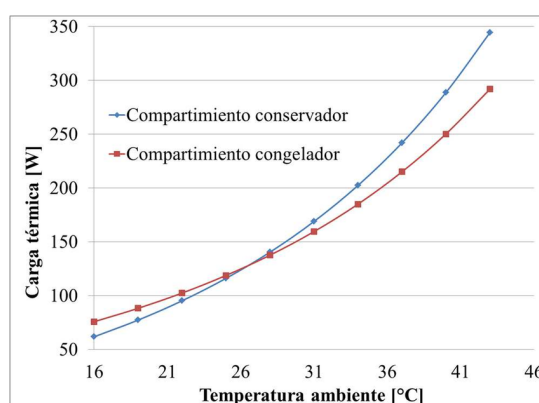


Figura 3.4: Carga térmica vs humedad relativa

Fuente: Este experimento fue realizado por Rio y cols., 2014

- **Cargas generadas por la iluminación del local**

Se considerará que la potencia integrada de la lámpara se transformará en calor sensible; en el caso de las lámparas de descarga (fluorescentes) se incrementará el valor obtenido en un 25 % para tener en cuenta el cebador y el balasto.

- **Lámparas incandescentes o LED**

$$Q = Pot \quad (3.5)$$

- **Lámparas de descarga**

$$Q = 1.25 \cdot Pot \quad (3.6)$$

Donde:

Q : carga térmica por iluminación (W)

Pot : potencia de las lámparas (W)

- **Cargas generadas por las máquinas presentes en el local**

Se considerará que las pérdidas de la maquinaria se transforman íntegramente en calor sensible.

- **Carga generada por maquinaria**

$$Q = \eta \cdot Pot \quad (3.7)$$

Donde:

Q : carga térmica por maquinaria (W)

η : rendimiento de la máquina

Pot : potencia de la maquinaria (W)

Cargas latentes

- **Carga latente por ventilación o infiltración de aire exterior Carga latente de ventilación o infiltración.**

$$Q = V \cdot 0,63 \cdot \Delta w \quad (3.8)$$

Donde:

Q : carga térmica latente por ventilación o infiltración de aire (W)

V : caudal de aire infiltrado o de ventilación (m³/h)

Δw : diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior y el interior (°C)

- **Carga latente por ocupación del local**

Esta carga se determina multiplicando una valoración del calor latente emitido por la persona tipo por el número de ocupantes previstos para el local. La cantidad de calor emitido por persona se obtiene de la tabla que aparece en el apartado donde se describe la Carga sensible por ocupación del local.

Las formulas descritas se tomaron de (Bruno, 2024; Carrier, 1980; Sistemas de ventilación S&P, 2023)

3.4. Ecodiseño

El reglamento de ecodiseño se aplica a una amplia gama de equipos, incluyendo unidades condensadoras y centrales de compresores para refrigeración a media y baja temperatura. Nuestros productos cumplen con los requisitos establecidos para coeficiente de rendimiento (COP) y rendimiento estacional normalizado (SEPR), este factor es utilizado para comparación de equipos funcionando en modo refrigeración para escenarios de refrigeración para procesos industriales, garantizando así un funcionamiento eficiente y respetuoso con el medio ambiente (vea el cuadro 3.5) (Intarcon, 2023).

En el caso de las enfriadoras de proceso , los requisitos de ecodiseño se aplican a equipos de cualquier potencia, con enfriamiento por aire o por agua, tanto para media como para baja temperatura (cuadro 3.6). También se han establecido requisitos para las enfriadoras de proceso de alta temperatura, que entrarán en vigor a partir de enero de 2018 y enero de 2021. (cuadro 3.7)

Por ejemplo, para unidades condensadoras con una potencia nominal de hasta 5 kW y 2 kW en media y baja temperatura respectivamente, se exige un COP mínimo a partir del 1 de julio de 2016. Este requisito se incrementa para equipos de mayor potencia, donde el SEPR se convierte en el parámetro de referencia.

El ecodiseño no solo se limita a cumplir con los estándares de rendimiento energético, sino que también aborda otros aspectos importantes, como la reducción de la carga refrigerante, la sectorización de los sistemas de refrigeración, la minimización del riesgo de fugas y la utilización de refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico. Estas medidas tienen como objetivo reducir el impacto ambiental de los sistemas de refrigeración y promover un futuro sostenible (Caloryfrio, 2018).



Figura 3.5: El Grupo CIAT implementa el Ecodiseño en sus sistemas de climatización y refrigeración.

Fuente: (Grupo CIAT, 2011)

Cuadro 3.5: Requisitos de ecodiseño para unidades condensadoras

(Intarcon, 2023)

Temperatura	Pot. nominal	Factor	Valor mínimo desde 01/07/2016	Valor mínimo desde: 01/07/2018
Media	$0,2 \text{ kW} \leq PA \leq 1 \text{ kW}$	COP	1,20	1,40
	$1 \text{ kW} < PA \leq 5 \text{ kW}$	COP	1,40	1,60
	$5 \text{ kW} < PA \leq 20 \text{ kW}$	SEPR	2,25	2,55
	$20 \text{ kW} < PA \leq 50 \text{ kW}$	SEPR	2,35	2,65
Baja	$0,1 \text{ kW} \leq PA \leq 0,4 \text{ kW}$	COP	0,75	0,80
	$0,4 \text{ kW} < PA \leq 2 \text{ kW}$	COP	0,85	0,95
	$2 \text{ kW} < PA \leq 8 \text{ kW}$	SEPR	1,50	1,60
	$8 \text{ kW} < PA \leq 20 \text{ kW}$	SEPR	1,60	1,70

Cuadro 3.6: Requisitos de ecodiseño para enfriadoras de proceso de media y baja temperatura

(Intarcon, 2023)

Condensación	Temperatura	Potencia nominal PA	Valor mínimo a partir del	
			01/07/2016	01/07/2018
Aire (a 35°C)	Media (-8°C)	$PA \leq 300 \text{ kW}$	2,24	2,58
		$PA > 300 \text{ kW}$	2,80	3,22
	Baja (-25°C)	$PA \leq 200 \text{ kW}$	1,48	1,70
		$PA > 200 \text{ kW}$	1,60	1,84
Agua (a 30°C)	Media (-8°C)	$PA \leq 300 \text{ kW}$	2,86	3,29
		$PA > 300 \text{ kW}$	3,80	4,37
	Baja (-25°C)	$PA \leq 200 \text{ kW}$	1,82	2,09
		$PA > 200 \text{ kW}$	2,10	2,42

Cuadro 3.7: Requisitos de ecodiseño para enfriadoras de proceso de alta temperatura

(Intarcon, 2023)

Condensación	Temperatura	Potencia nominal PA	Valor mínimo a partir del	
			01/01/2018	01/01/2021
Aire (a 35°C)	Alta (7°C)	$PA < 400 \text{ kW}$	4.5	5.0
		$PA > 400 \text{ kW}$	5	5.5
Agua (a 30°C)	Alta (7°C)	$PA < 400 \text{ kW}$	6,5	7.0
		$400 \text{ kW} \leq PA < 1500 \text{ kW}$	7.5	8.0
		$PA > 1500 \text{ kW}$	8.0	8.5

3.5. Restricciones técnicas internas y externas

3.5.1. Factor de Seguridad

Después de calcular las cuatro principales fuentes de calor, se agrega un factor de seguridad del 10 % a la carga total de refrigeración. Este factor se incorpora para considerar posibles omisiones o inexactitudes mínimas en los cálculos, proporcionando así una capa

adicional de seguridad o reserva que puede provenir del rendimiento del compresor y las fluctuaciones en la carga promedio.

3.5.2. Dimensionamiento y Aislamiento de la Cámara de Refrigeración

Para realizar el dimensionamiento y aislamiento de la cámara de refrigeración en la Unidad Médica Familiar 40 en Azcapotzalco, CDMX, se seguirán las normas oficiales de México que regulan este tipo de instalaciones, asegurando así el cumplimiento de estándares de calidad y seguridad. A continuación, se detalla el proceso:

1. **Determinación de requisitos:** Se comenzará identificando los requisitos específicos de la cámara de refrigeración para el almacenamiento de insulina en la Unidad Médica Familiar 40. Esto incluirá el volumen de almacenamiento necesario, la temperatura requerida para mantener la integridad de la insulina, y cualquier otro requisito relevante.
2. **Cálculo de espacio y distribución interna:** Basado en los requisitos identificados, se calculará el espacio necesario y se diseñará la distribución interna de la cámara. Se determinará la disposición de las estanterías y los espacios necesarios para el almacenamiento eficiente de la insulina, teniendo en cuenta factores como el acceso fácil y la circulación del aire.
3. **Selección de materiales y equipos:** Se seleccionarán los materiales adecuados para las paredes, techo y suelo de la cámara, teniendo en cuenta las normas oficiales de México sobre conductividad térmica, resistencia a la humedad y resistencia estructural. Además, se elegirán los equipos de refrigeración, como el evaporador, compresor y condensador, garantizando su compatibilidad con las necesidades de temperatura y espacio de la cámara.
4. **Diseño conceptual y distribución de equipos:** Con base en los cálculos y selecciones anteriores, se elaborará un diseño conceptual detallado de la cámara de refrigeración, se usará software de diseño de ingeniería. Esto incluirá la distribución de los equipos de refrigeración dentro de la cámara, así como la ubicación de la puerta y componentes para facilitar el acceso y la ventilación adecuada.
5. **Consideraciones adicionales:** Se tendrán en cuenta otras consideraciones importantes, como la instalación de sistemas de monitoreo de temperatura y humedad, la instalación de sistemas de respaldo de energía para evitar interrupciones en el suministro de energía, y la implementación de medidas de seguridad para proteger tanto la insulina almacenada como el personal que trabaja en la unidad médica.

Y para empezar con el dimensionamiento de la cámara frigorífica, se da a conocer las medidas de cada empaque de la insulina en sus dos versiones, consulte las tablas 3.1 y 3.2, también el peso que puede contener cada empaque con el fin de almacenar una cantidad grande de insulina o refrigerar al menos la cantidad promedio de medicamento

que llega a la unidad.

Con dicho calculo se procederá a hacer un diseño conceptual, de la cámara donde especificará el espacio que se ocupara, la distribución de la estantería, el producto a almacenar, así como indicar donde se colocaran las puertas y ventanas, para después colocar la distribución del equipo de refrigeración, que son el evaporador, compresor, condensador, y todos los equipos adicionales que se requieran para el óptimo funcionamiento de nuestra cámara frigorífica.

Después de recabar la información del dimensionamiento obtenemos las cargas térmicas para el equipo en base a la sección 3.3.2 en este capítulo. Además consideramos las cargas que afectan la temperatura del sistema, las cuales son

Cargas por conducción en paredes y techo

Los paredes y techos de las cámaras frigoríficas suelen ser superficies planas constituidas por varias capas de materiales (materiales estructurales + capas de aislantes térmicos). Las superficies externa e interna de los parámetros están en contacto con un fluido en movimiento que es el aire. Por tanto, en las superficies externas e internas de los parámetros se producirán transferencias de calor por convección. Mientras que la transferencia de calor entre los materiales que conforman las capas internas se realizará por conducción. El calor que se transfiere por cada parámetro se calcula con la ecuación 1 donde A es el área del mismo, T_{ext} y T_{int} son las temperaturas en el interior y exterior de la cámara en el lado de ese parámetro, y Kg es una constante de proporcionalidad que se denomina coeficiente global de transmisión. Sus unidades en el SI son $Wm^{-2}K^{-1}$. Para n capas de materiales en el parámetro se tendrá:

$$\dot{Q}_p = Kg \cdot A \cdot (T_{ext} - T_{int}) \quad (3.9)$$

$$Kg = \frac{1}{\frac{1}{h_{p.int}} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \dots + \frac{e_n}{k_n} + \frac{1}{h_{p.ext}}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{p.int}} + \frac{1}{h_{p.ext}} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{k_i}} \quad (3.10)$$

Donde e_i es el espesor de cada capa que conforma el parámetro, k_i es la conductividad térmica de cada material, h_{ext} y h_{int} son los coeficientes de transferencia de calor por convección exterior e interior.

Para calcular el calor transferido por una pared, la superficie del mismo A siempre es conocida; lo mismo la diferencia de temperaturas entre el ambiente de un lado y del otro, que son valores de diseño.

Por tanto, es necesario fijar el espesor y la conductividad de los materiales que conforman las distintas capas, junto con los coeficientes de transferencia por convección de ambos lados del parámetro. Los coeficientes de película en las superficies de cámaras frigoríficas suelen ser en el interior de $7.5 Wm^{-2} K^{-1}$ y en el exterior $25 Wm^{-2} K^{-1}$.

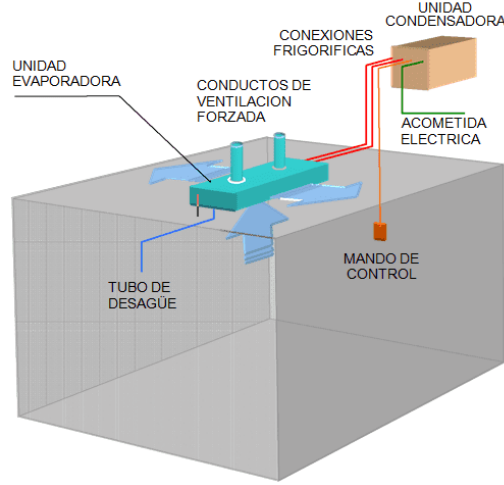


Figura 3.6: Vista general de la cámara de refrigeración
Fuente: (Intarcon, 2023)

En la figura 3.6 las flechas indican el intercambio de calor producido por los componentes y el aire del sistemas

Cargas por infiltración de aire

El aire que entra en la cámara desde el exterior estará a una temperatura más alta que el aire que está en el interior. Por tanto, el sistema de refrigeración debe tener potencia suficiente para bajar la temperatura del aire de entrada hasta la temperatura de la cámara, vea la tabla 3.8 para tener una idea de cuántas veces en promedio se renueva el aire en una cámara al día. Esa potencia se calculará con el producto del flujo másico de aire de renovación \dot{m}_{aire} (kg/s) por la diferencia de entalpías específicas en las condiciones correspondientes ($h_{aire_{ext}} - h_{aire_{int}}$) (kJ/kg).

$$\dot{Q}_{aire} = \dot{m}_{aire} \cdot (h_{aire_{ext}} - h_{aire_{int}}) \quad (3.11)$$

La entalpía del aire será la suma de la correspondiente al aire seco y la del vapor de agua mezclado con el mismo:

$$h_{aire\ húmedo} = h_{aire} + \omega_{aire} \cdot h_{vapor} \quad (3.12)$$

La entalpía específica del aire a presión atmosférica se puede calcular como el producto del calor específico a esa presión por la temperatura ($C_{p_{aire}} = 1,005 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$):

$$h_{aire} = C_{p_{aire}} \cdot T_{aire} \quad (3.13)$$

$$h_{aire} = 1,005 \cdot T \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \quad (3.14)$$

La entalpía del vapor por unidad de masa de aire seco se calcula como el producto de la humedad específica del aire (ω_{aire}) por la suma del calor latente absorbido en el proceso de evaporación a presión atmosférica ($\lambda = 2503 \text{ kJ/kg agua}$) y el calor específico a esa presión

por la temperatura:

$$h_{vapor} = \omega_{aire} \cdot (\lambda + C_{p_{vapor}} \cdot T) \quad (3.15)$$

$$\lambda = 2503 \text{ kJ/kg agua} \quad (3.16)$$

$$C_{p_{vapor}} = 1,86 \text{ kJ/kg agua } ^\circ\text{C} \quad (3.17)$$

De ahí se obtiene la Ecuación 3.12 por la que se puede calcular la entalpía del aire húmedo a partir de su temperatura y su humedad absoluta:

$$h_{aire} = C_{p_{aire}} \cdot T + \omega_{aire} \cdot (\lambda + C_{p_{vapor}} \cdot T) \quad (3.18)$$

Si se desea expresar la entalpía en relación al volumen de aire, se debe multiplicar por la densidad del mismo ρ :

$$hV_{aire} = (C_{p_{aire}} \cdot T_{vapor} + \omega_{aire} \cdot (\lambda + C_{p_{vapor}} \cdot T_{vapor})) \cdot \rho \quad (3.19)$$

La densidad se calcula con la ecuación:

$$\rho = \frac{PM_{aire}}{R \cdot T} \quad (3.20)$$

Donde: PM_{aire} es el peso molecular del aire (28.93 g/mol), T es la temperatura del aire en K, y R es la constante universal de los gases (0.082 litros Pa/mol K).

Sabiendo el volumen que se renueva periódicamente en la cámara, se puede calcular el calor empleado en el enfriamiento del aire mediante la ecuación:

$$\dot{Q}_{aire} = n \cdot V \cdot (hV_{aire_{ext}} - hV_{aire_{int}}) \quad (3.21)$$

Cuadro 3.8: Estimación del número de veces que se renueva el aire en las cámaras por día
(Velazquez, 2020)

Renovaciones por día	Renovaciones por día	Volumen (m ³)	T <0°C	T >0°C	Volumen (m ³)
2,5	52	70	100	6,8	9
3	47	63	150	5,4	7
4	40	53	200	4,6	6
5	35	47	250	4,1	5,3
7,5	28	38	300	3,7	4,8
10	24	32	400	3,1	4,1
15	19	26	500	2,8	3,6
20	16,5	22	600	2,5	3,2
25	14,5	19,5	800	2,1	2,8
30	13	17,5	1000	1,9	2,4
40	11,5	15	1500	1,5	1,95
50	10	13	2000	1,3	1,65
60	9	12	2500	1,1	1,45
80	7	10	3000	1,05	1,05

Cargas del producto a refrigerar

La carga térmica más importante en una cámara proviene de los productos que se pretenden refrigerar. El calor empleado en el proceso depende de la temperatura de entrada de los productos y la temperatura a la que se desea realizar la conservación en frío. Este calor se puede dividir en cuatro partes:

1. Calor de enfriamiento por encima del punto de congelación:

$$\dot{Q}_{\text{enf1}} = \dot{m} \cdot C_e \cdot (T_e - T_{\text{cong}}) \quad (3.22)$$

2. Calor de congelación

$$\dot{Q}_{\text{cog}} = \dot{m} \cdot L_{\text{cong}} \quad (3.23)$$

El calor latente de congelación de un producto (L_{cong}) puede ser obtenido en la bibliografía p.ej (Bohn de México, 2014), donde existen numerosas tablas para diferentes tipos de productos; o puede ser estimado a partir de su contenido de agua con la siguiente fórmula: $L_{\text{cong}} = 3.335 \cdot a$

3. Calor de enfriamiento por debajo del punto de congelación

$$\dot{Q}_{\text{enf2}} = \dot{m} \cdot C_{\text{econg}} \cdot (T_{\text{cong}} - T_f) \quad (3.24)$$

4. Calor de respiración del producto

$$\dot{Q}_{\text{resp}} = \dot{m} \cdot L_{\text{resp}} \quad (3.25)$$

En Velazquez, 2020 se mencionan otras cargas que se podrían considerar como secundarias, pero no podemos excluirlas del cálculo son:

- Carga por radiación solar
- Carga por ocupación (personal laborando)
- Por iluminación
- Por motores

3.5.3. Sistema de refrigeración

Selección del evaporador

Luego se continua con la elección del evaporador, para ello debemos conocer:

- Temperatura Saturada de Succión

$$T_{sat.succ} = T_{camara} - 10^{\circ}F \quad (3.26)$$

- Temperatura Saturada de Evaporación

$$T_{sat.succ} = T_{sat.evap} \quad (3.27)$$

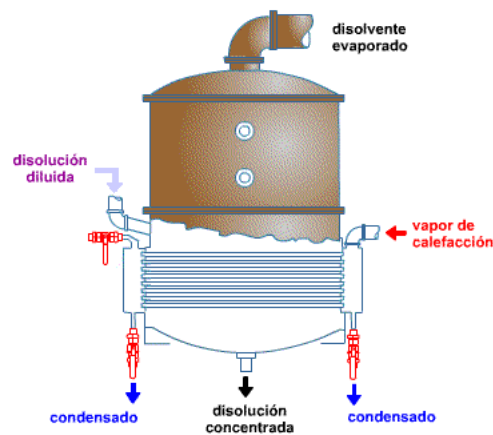


Figura 3.7: Funcionamiento del evaporador

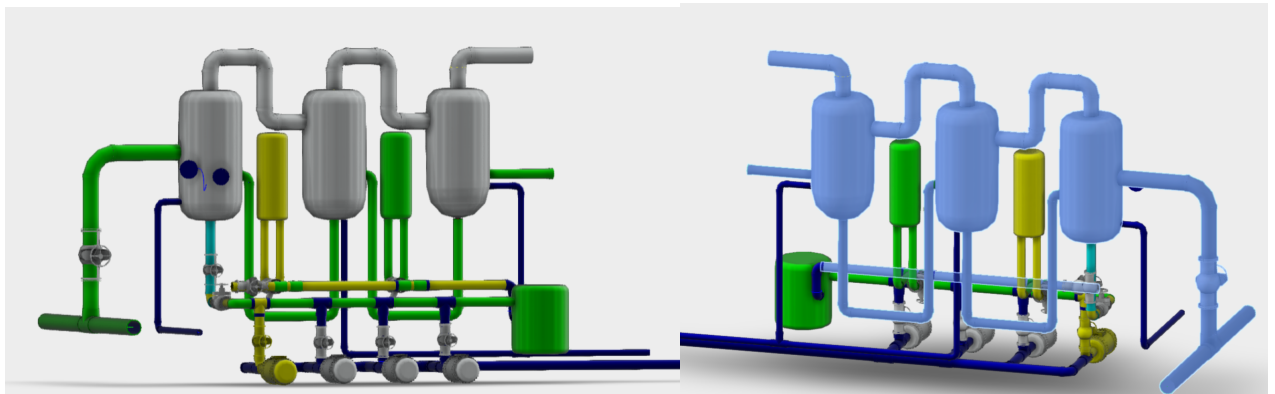


Figura 3.8: Vistas de un sistema de evaporador. Creado en AutoCAD, basado en (bibliocad, s.f.)

Con este dato, y el dato de los BTU de requerimiento de la carga térmica, se selecciona el evaporador más conveniente, también considerando el diseño espacial de la cámara frigorífica, en donde podremos elegir entre los siguientes tipos de evaporador, vea las figuras 3.7 y 3.8, para comprender los tipos de evaporador que se mencionan aquí: (a) Evaporadores perfil bajo; (b) Evaporadores perfil medio; (c) Evaporadores perfil alto; (d) Evaporadores perfil industrial y (e) Evaporadores de techo.

Selección de motor

Una vez seleccionado el evaporador y determinado el número de motores-ventilador, procedemos a calcular el calor que estos generan. Si no se conocen las cargas debidas a los motores, se pueden hacer las siguientes suposiciones:

- Un motor de 1 HP por cada 16,000 ft³ en cámaras de refrigeración.
- Un motor de 1 HP por cada 12,500 ft³ en cámaras de congelación.

La selección de un motor adecuado implica considerar varios factores para garantizar un rendimiento óptimo en una aplicación específica, como los requisitos de la aplicación, el tipo de motor, la eficiencia y el rendimiento. Esto se facilita mediante la tabla 3.9.

Entonces, para calcular el calor emitido por los motores del evaporador, usamos la fórmula:

$$Q_{EME} = \text{No. de Motores en HP} \times \text{Calor equivalente} \times 24 \quad (3.28)$$

Con esta carga recalculamos la carga térmica parcial agregándole este valor, para luego agregarle el factor de seguridad del 10 %, y al finalizar, multiplicarlo por el número de horas estimadas.

Cuando se ha determinado la carga térmica total por hora, se puede seleccionar el equipo basado en la información obtenida del trabajo inicial de reconocimiento. Algunos otros factores que afectan la selección del equipo son:

- Balance del equipo
- Diferencial de temperatura del sistema (°DT)
- Control de la capacidad/seguridad del producto
- Tipo de operación/flujo del aire.

Balance del equipo. La capacidad de la unidad condensadora debe ser seleccionada a una temperatura saturada de succión que esté balanceada con el evaporador(es) a un diferencial de temperatura entre el refrigerante en el evaporador y el aire en la cámara de almacenamiento refrigerado (Intarcon, 2023).

Cuadro 3.9: Selección de motores de acuerdo a su carga

Fuente: (Suarez, 2022)

HP Nominal	Tipo de motor	RPM Nominal	Eficiencia a Plena Carga	BTU/hr
0.5	Polo Sombreado	1500	35	360
0.08				580
0.125				900
0.16				1160
0.25	Fase dividida	1750	54	1180
0.33			56	1500
0.5			60	2120
0.75	Tres fases	1750	72	2650

Nota: Los evaporadores de bajo perfil ADT o BME usan motores EBM. El calor que emiten es equivalente a 273.73 BTU/hr

Bases teóricas de la refrigeración.

Energía.

La energía E es la capacidad para realizar trabajo. La energía de un sistema consta de energías internas U , cinéticas K y potenciales P . La energía interna se compone de energías térmicas (sensible y latente), químicas y nucleares. A menos que haya una reacción química o nuclear, el cambio interno de un sistema se debe a un cambio en la energía térmica. El cambio total de energía de un sistema se expresa como:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE \quad (3.29)$$

Para la mayoría de los casos, las energías cinética y potencial no cambian durante un proceso y el cambio de energía se debe al cambio en la energía interna:

$$\Delta E = \Delta U = m(u_2 - u_1) \quad (3.30)$$

La energía se mide en kJ o Btu (1 kJ = 0.94782 Btu). La energía por unidad de tiempo es la tasa de energía y se expresa como:

$$\dot{E} = \frac{E}{t} \quad (\text{kW o Btu/h}) \quad (3.31)$$

La unidad de la tasa de energía es kJ/s, que es equivalente a kW o Btu/h (1 kW = 3412.14 Btu/h). La energía por unidad de masa se llama energía específica; tiene la unidad de kJ/kg o Btu/lbm (1 kJ/kg = 0.430 Btu/lbm).

$$e = \frac{E}{m} \quad (\text{kJ/kg o Btu/lbm}) \quad (3.32)$$

La energía puede transferirse hacia o desde un sistema en tres formas: masa, calor y trabajo. Se describen brevemente en las siguientes secciones.

Primera ley de la termodinámica

Es bien sabido que la termodinámica es la ciencia de la energía y la entropía, y que la base de la termodinámica es la observación experimental. En la termodinámica, tales observaciones se formularon en cuatro leyes básicas de la termodinámica llamadas la cero, primera, segunda y tercera leyes de la termodinámica. Las primeras y segundas leyes de la termodinámica son las herramientas más comunes en la práctica, debido al hecho de que las transferencias y conversiones de energía están gobernadas por estas dos leyes, y en este capítulo nos enfocamos en estas dos leyes.

La primera ley de la termodinámica (PLT) se puede definir como la ley de la conservación de la energía, y establece que *la energía no puede ser creada ni destruida*. Se puede expresar para un sistema general como el cambio neto en la energía total de un sistema durante un

proceso es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la energía total que sale del sistema:

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system} \quad (3.33)$$

En forma de tasa,

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \Delta \dot{E}_{system} \quad (3.34)$$

Para un sistema cerrado que experimenta un proceso entre estados inicial y final que involucran interacciones de calor y trabajo con los alrededores (Figura 3.9),

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system} \quad (3.35)$$

$$(Q_{in} + W_{in}) - (Q_{out} + W_{out}) = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE$$

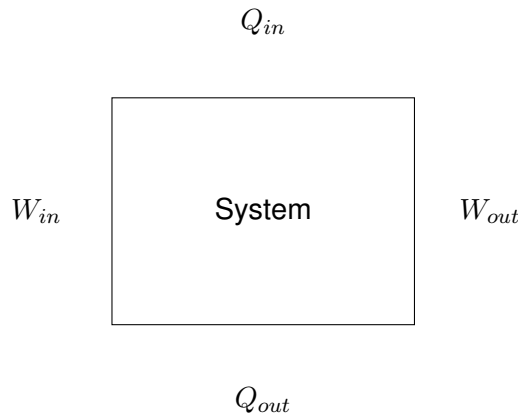


Figura 3.9: Representación de un sistema cerrado con interacciones de calor Q y Trabajo W sin intercambio de masa.

(Fuente: Propia, basado de (Carson, 2013))

Si no hay cambio en las energías cinética y potencial,

$$(Q_{in} + W_{in}) - (Q_{out} + W_{out}) = \Delta U = m(u_2 - u_1) \quad (3.36)$$

Consideremos un volumen de control que involucra un proceso de flujo estable. La masa está entrando y saliendo del sistema y hay interacciones de calor y trabajo con los alrededores (Figura 3.10). Durante un proceso de flujo estable, el contenido total de energía del volumen de control permanece constante, y por lo tanto, el cambio total de energía del sistema es cero. Entonces, la PLT puede expresarse como:

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \Delta \dot{E}_{system} = 0 \quad (3.37)$$

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out} \quad (3.38)$$

$$\dot{Q}_{in} + \dot{W}_{in} + \dot{m}h_{in} = \dot{Q}_{out} + \dot{W}_{out} + \dot{m}h_{out} \quad (3.39)$$

Aquí, las energías cinética y potencial son despreciadas.

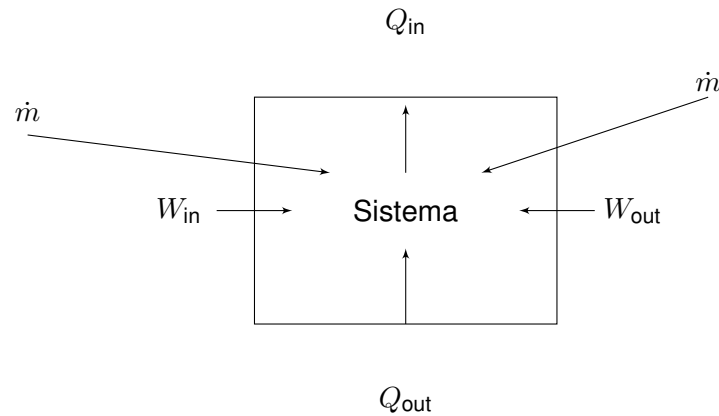


Figura 3.10: Representación de un sistema abierto con interacciones de calor Q y Trabajo W . Los intercambios de masa son las líneas con la \dot{m} fuera del sistema.
(Fuente: Elaboración propia, basado de (Carson, 2013))

Segunda ley de la termodinámica

La mayoría de los procesos de refrigeración y bombas de calor operan de manera cíclica, devolviendo periódicamente el refrigerante a un estado dado. Por lo tanto, podemos decir que durante el ciclo el cambio neto en la energía interna es cero, es decir:

$$0 = \Delta \int_{\text{cycle}} U \equiv \oint \Delta U = 0 \quad (3.40)$$

y por lo tanto, la primera ley para un proceso cerrado y cíclico puede escribirse como:

$$W_{\text{net}} = Q_{\text{net}} \quad (3.41)$$

En los ciclos de refrigeración y bomba de calor, el trabajo se realiza solo durante una etapa del ciclo, mientras que el calor se transfiere durante dos etapas, una a baja temperatura y otra a alta temperatura (las temperaturas son relativas entre sí, en lugar de términos absolutos). Por lo tanto, la forma más útil de la Primera Ley para analizar ciclos de refrigeración o bomba de calor es:

$$W = Q_H - Q_C \quad (3.42)$$

donde W es el trabajo realizado sobre el refrigerante, y los subíndices H y C se refieren a los procesos de transferencia de calor de temperatura alta (caliente) y baja (fría), respectivamente.

Afirmaciones de la Segunda Ley

La Segunda Ley de la Termodinámica es quizás ligeramente más abstracta y difícil de entender que la Primera Ley. Parafraseando a Rudolf Clausius (1822 a 1888), la Segunda Ley establece que:

”Es imposible construir un dispositivo que opere de manera cíclica cuyo único propósito sea transferir calor de un depósito de temperatura baja a un depósito de temperatura alta.”

A primera vista, esta afirmación podría sugerir que la refrigeración (que es un proceso que tiene el efecto neto de transferir calor de una temperatura baja a una temperatura alta) es una imposibilidad física; sobre este punto más adelante.

Para obtener una expresión matemática de la Segunda Ley, primero necesitamos recordar la definición de entropía (como se usa en la termodinámica clásica) cortesía de Clausius:

$$\Delta S = \int \frac{Q_{rev}}{T} \quad (3.43)$$

También, la Segunda Ley puede escribirse como:

$$\Delta S_{universe} = \Delta S_{system} - \Delta S_{surrounding} \geq 0 \quad (3.44)$$

Podemos expresar verbalmente la Ecuación 3.44 diciendo que para cualquier proceso, la entropía del universo solo puede aumentar, o en el caso límite (procesos reversibles) puede permanecer sin cambios. La Segunda Ley establece que la entropía del universo nunca puede disminuir. (Carson, 2013)

Formalismo de Refrigeración

Un refrigerador es un dispositivo utilizado para transferir calor de un medio de baja temperatura a uno de alta temperatura. Son dispositivos cíclicos. La Figura 3.11 muestra el esquema de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor (el tipo más común). Un fluido de trabajo (llamado refrigerante) ingresa al compresor en estado de vapor y es comprimido a la presión del condensador. El refrigerante de alta temperatura se enfría en el condensador al rechazar calor a un medio de alta temperatura. El refrigerante ingresa al dispositivo de expansión en estado líquido. Se expande en el dispositivo de expansión y su presión y temperatura disminuyen. El refrigerante es una mezcla de vapor y líquido en la entrada del evaporador. Absorbe calor de un medio de baja temperatura a medida que fluye en el evaporador. (Boles y Çengel, 2010)

El ciclo se completa cuando el refrigerante sale del evaporador en estado de vapor y entra en el compresor. Un balance de energía para un ciclo de refrigeración, basado en la ecuación 3.33 de la PLT, da como resultado:

$$Q_H = Q_L + W \quad (3.45)$$

El indicador de eficiencia para un ciclo de refrigeración es el coeficiente de rendimiento (COP), que se define como el calor absorbido del espacio enfriado dividido por el trabajo de entrada en el compresor:

$$COP_R = \frac{Q_L}{W} \quad (3.46)$$

Esto también se puede expresar como:

$$COP_R = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{Q_H/Q_L - 1} \quad (3.47)$$

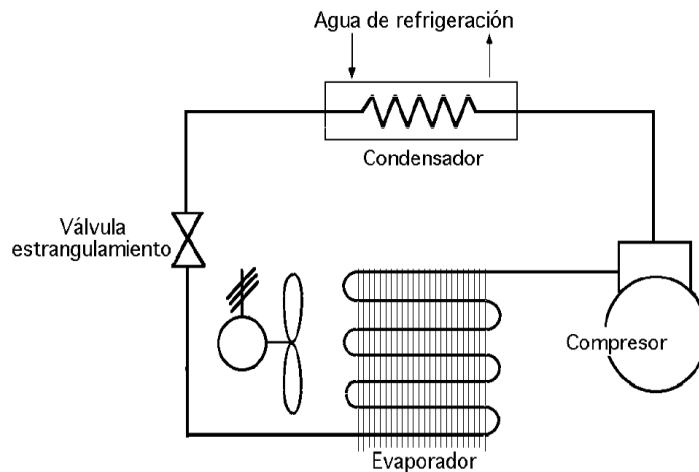


Figura 3.11: Diagrama esquemático del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.
Fuente: (Theoms, 2023)

3.5.4. Distribución del Aire

El diseño de sistemas HVAC a menudo se basa en decisiones predeterminadas, como suministrar agua fría a 5°C o aire acondicionado a 13°C, debido a su efectividad comprobada. Sin embargo, estas decisiones tienen implicaciones directas en los costos de tuberías, conductos y equipos, lo que afecta el gasto de capital y la comodidad (HVAC, 2016)

- Equipos de manejo de aire más pequeños reducen el gasto de capital y liberan espacio adicional debido a su huella más pequeña.
- La distribución de aire frío puede ahorrar espacio significativo. Por ejemplo, un manejador de aire típico que necesita 34,485 pies cúbicos por minuto (cfm) para aire a 13°C solo requiere 20,900 cfm para aire a 7°C. Esto reduce el área frontal de la bobina y permite conductos más pequeños y sencillos.
- | Conductos más pequeños significan menos chapa metálica, instalación más fácil y más espacio en el techo para bandejas de cables. Además, los conductos redondos permiten velocidades de aire más altas y reducen aún más el tamaño del conducto.
- Una altura de piso a piso más corta, gracias a los conductos más pequeños, puede reducir los costos de vidrio y acero en edificios de varios pisos, e incluso agregar un

piso de espacio alquilable.

- Una menor potencia del ventilador reduce los costos de instalación eléctrica y operativos durante la vida útil del edificio, y puede disminuir el ruido del ventilador (Intarcon, s.f.).

El cálculo del flujo de aire se realiza multiplicando el área total de la habitación por la altura del techo y el número de cambios de aire por hora (ACH), y dividiendo todo entre 60 minutos para obtener los CFM (pies cúbicos por minuto) (Bercofred, 2021).

$$CFM = \frac{\text{Área} \times \text{Altura} \times ACH}{60} \quad (3.48)$$

En una cámara refrigerada estándar, la humedad relativa (HR) generalmente se mantiene entre el 90 % y el 100 %. Cuando la HR alcanza niveles del 90 % al 100 %, la formación de condensación es casi inevitable. La presencia no deseada de humedad en el aire crea un ambiente propicio para el crecimiento de contaminantes, lo que puede representar una amenaza para los productos almacenados.

3.5.5. Dimensionamiento de puerta

Las puertas desempeñan un papel importante en el equilibrio termodinámico de la cámara de refrigeración, ya que representan puntos de entrada y salida de aire que pueden afectar significativamente la eficiencia energética y la estabilidad térmica de la cámara. Especialmente en el caso de la refrigeración de insulina, donde se requiere un control preciso de la temperatura, las puertas deben diseñarse y ubicarse estratégicamente para minimizar la pérdida de frío y mantener un ambiente interno constante y seguro para el almacenamiento de medicamentos sensibles a la temperatura. Por lo tanto, elegir puertas adecuadas y gestionar su uso de manera eficiente es fundamental para garantizar un rendimiento óptimo del sistema de refrigeración y la integridad de los productos almacenados.

3.6. Lineamientos de regulación del sistema artefactual (Normativas y regulaciones)

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son leyes técnicas de obligado cumplimiento emitidas por las autoridades competentes, cuyo objetivo es establecer las condiciones que deben cumplirse si un proceso o servicio representa un riesgo para la seguridad humana, o pone en peligro la salud humana. También contiene información sobre los términos y referencias para el cumplimiento y aplicación de estos términos (De Salud, 2022).

3.6.1. Normas oficiales Mexicanas

- NOM-12-ENER-2019, Eficiencia energética de unidades condensadoras y evaporadoras para refrigeración. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-197-SSA1-2000, Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada.
- NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas.
- NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Esta norma establece los requisitos para la iluminación en los centros de trabajo, con el fin de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Para mayor detalles del contexto normativo revise la sección 2.2. De acuerdo a la NOM-025-STPS-2008 se establecen los siguientes requisitos:

- La iluminación debe ser suficiente para permitir a los trabajadores realizar sus actividades sin riesgos.
- Se requiere que la iluminación sea uniforme y sin deslumbramientos.
- La iluminación debe adaptarse adecuadamente al tipo de actividad que se realiza en el centro de trabajo.

3.6.2. Recomendaciones para Cámaras Frigoríficas

Además de cumplir con los requisitos normativos, se sugieren las siguientes recomendaciones para garantizar una iluminación adecuada en cámaras frigoríficas:

- Emplear luminarias altamente eficientes en términos energéticos.
- Ajustar la altura de las luminarias para lograr una distribución uniforme de la luz.
- Seleccionar luminarias con un ángulo de apertura apropiado para el área que se va a iluminar.

3.6.3. Consideraciones Específicas para Cámaras Frigoríficas

Al diseñar e instalar el sistema de iluminación en cámaras frigoríficas, se deben tener en cuenta consideraciones específicas:

- La temperatura dentro de la cámara puede afectar el rendimiento de las luminarias, por lo que es crucial seleccionar aquellas diseñadas para funcionar en entornos fríos.
- La humedad también puede influir en el rendimiento de las luminarias, por lo que se deben elegir luminarias resistentes a la humedad.

- La condensación es un problema potencial en estas cámaras, por lo que se deben seleccionar luminarias diseñadas para prevenir la acumulación de humedad.

3.6.4. Normativa y requisitos para cámaras frigoríficas comerciales

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SCFI-2018 establece requisitos de seguridad y métodos de prueba para aparatos electrónicos, incluyendo cámaras frigoríficas comerciales. Esta norma incluye los siguientes requisitos específicos:

- **Protección contra Riesgos Eléctricos:** Se requiere un interruptor diferencial de alta sensibilidad para proteger los circuitos eléctricos, y los aparatos deben conectarse a tomas de corriente con conexión a tierra.
- **Protección contra Riesgos Mecánicos:** Las puertas y ventanas deben estar diseñadas para prevenir atrapamientos y lesiones, y deben contar con sistemas de cierre seguro.
- **Protección contra Riesgos Térmicos:** Se exige un adecuado sistema de aislamiento térmico para evitar quemaduras y exposición a temperaturas extremas.
- **Protección contra Riesgos de Incendio:** Se requiere un sistema de alarma de fugas de refrigerante y un sistema de extinción de incendios adecuado.
- **Seguridad de Puertas:** Las puertas deben poder abrirse desde el interior sin necesidad de llave, incluso si tienen cerraduras externas. En temperaturas bajo cero, se deben instalar dispositivos de calentamiento para evitar la congelación de las puertas.

3.7. Conceptualización De Sistema Artefactual (bosquejo general)

El diseño inicial del equipo a diseñar representará de forma muy simplificada las ideas subyacentes deñ diseño. Para el diseño preliminar se hará uso de Inventor 2025 siguiendo alguno de estos pasos.

1. **Definir Dimensiones:** Establecer las dimensiones generales hipotéticas de la cámara de refrigeración, incluyendo altura, anchura y profundidad.
2. **Diseñar Paredes Aisladas:** Utilizar las herramientas de modelado para diseñar las paredes aisladas de la cámara, asegurándose de considerar el material aislante adecuado.
3. **Ubicar Unidades de Refrigeración:** Colocar las unidades de refrigeración dentro del espacio de la cámara, asegurándose de dejar suficiente espacio para la circulación del aire.
4. **Agregar Puntos de Acceso:** Incluir en el diseño posibles puntos de acceso, como puertas o paneles desmontables, asegurándose de que estén ubicados

estratégicamente para facilitar el acceso al interior de la cámara.

5. **Revisión y Ajustes:** Revisar el bosquejo preliminar para asegurarse de que cumple con los requisitos y especificaciones del diseño.

El bosquejo preliminar (ver figura 3.12) proporciona una representación inicial de la disposición y estructura general de la cámara de refrigeración, permitiendo visualizar y comunicar conceptos antes de avanzar hacia diseños más detallados y completos. Este proceso creativo es fundamental para desarrollar una solución efectiva y funcional para la refrigeración de insulina.

3.7.1. Bosquejo general del sistema: cámara frigorífica

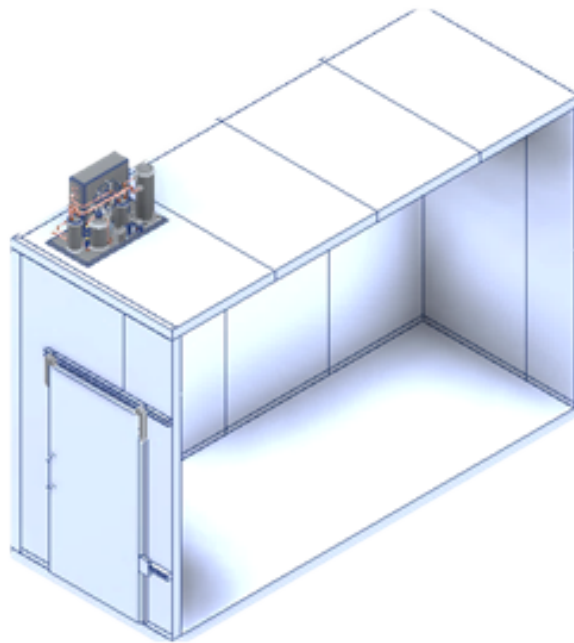


Figura 3.12: Vista frontal 3D de la cámara vacía y sus componentes esenciales

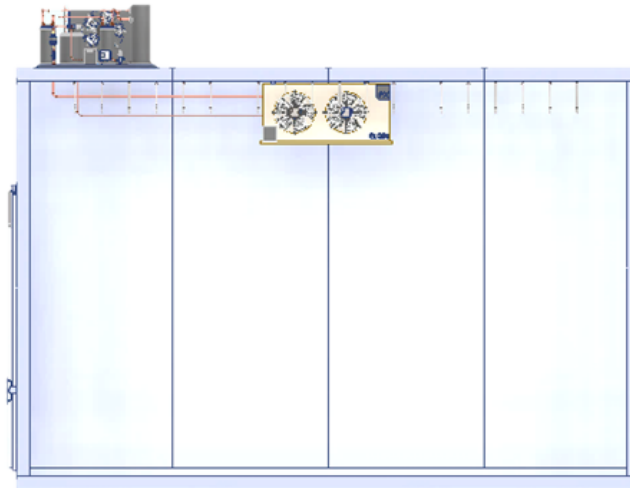


Figura 3.13: Vista lateral derecha de la cámara y sus componentes de enfriamiento

La figura 3.12 muestra el diseño desde un panorama completo y sus componentes esenciales, así mismo se muestra el espacio dentro de la cámara. Mientras que en la figura 3.13 se muestra una vista en donde puede apreciarse el sistema de enfriamiento y el sistema de tubos dentro de la cámara, más adelante se proporcionarán vistas específicas.

3.7.2. Diagrama a bloques del proceso de trabajo

Los diagramas de bloques o de flujo son herramientas visuales que permiten representar de manera clara y concisa el flujo de un proceso o sistema, así como las interacciones entre sus diferentes componentes. (Lucidchart, 2022)

Importancia de los diagramas de bloques o de flujo:

- Claridad y comprensión.
- Identificación de problemas.
- Diseño y planificación.
- Documentación y estandarización.
- Toma de decisiones.

Vea la figura 3.14 a 3.16 para tener más detalles del proceso que se seguirá y de las condiciones que se tomarán en cuenta.

Diagrama de flujo

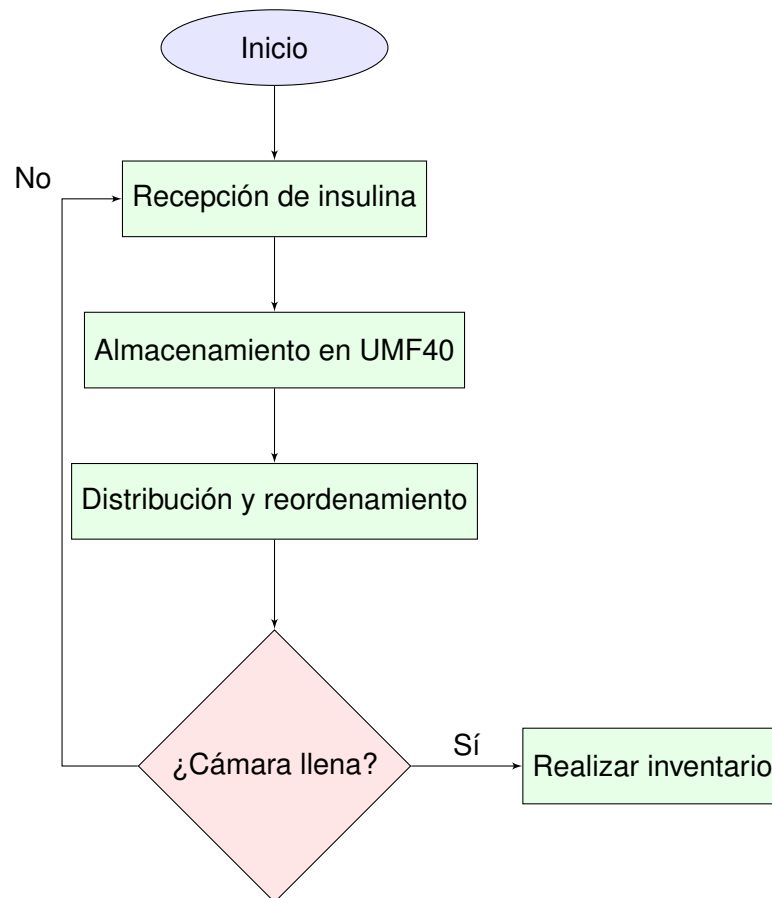


Figura 3.14: Diagrama de flujo para el proceso de gestión de insulina en una cámara frigorífica.

Fuente: Elaboración propia, basado y hecho desde Tikz de \LaTeX (Tantau, 2013).

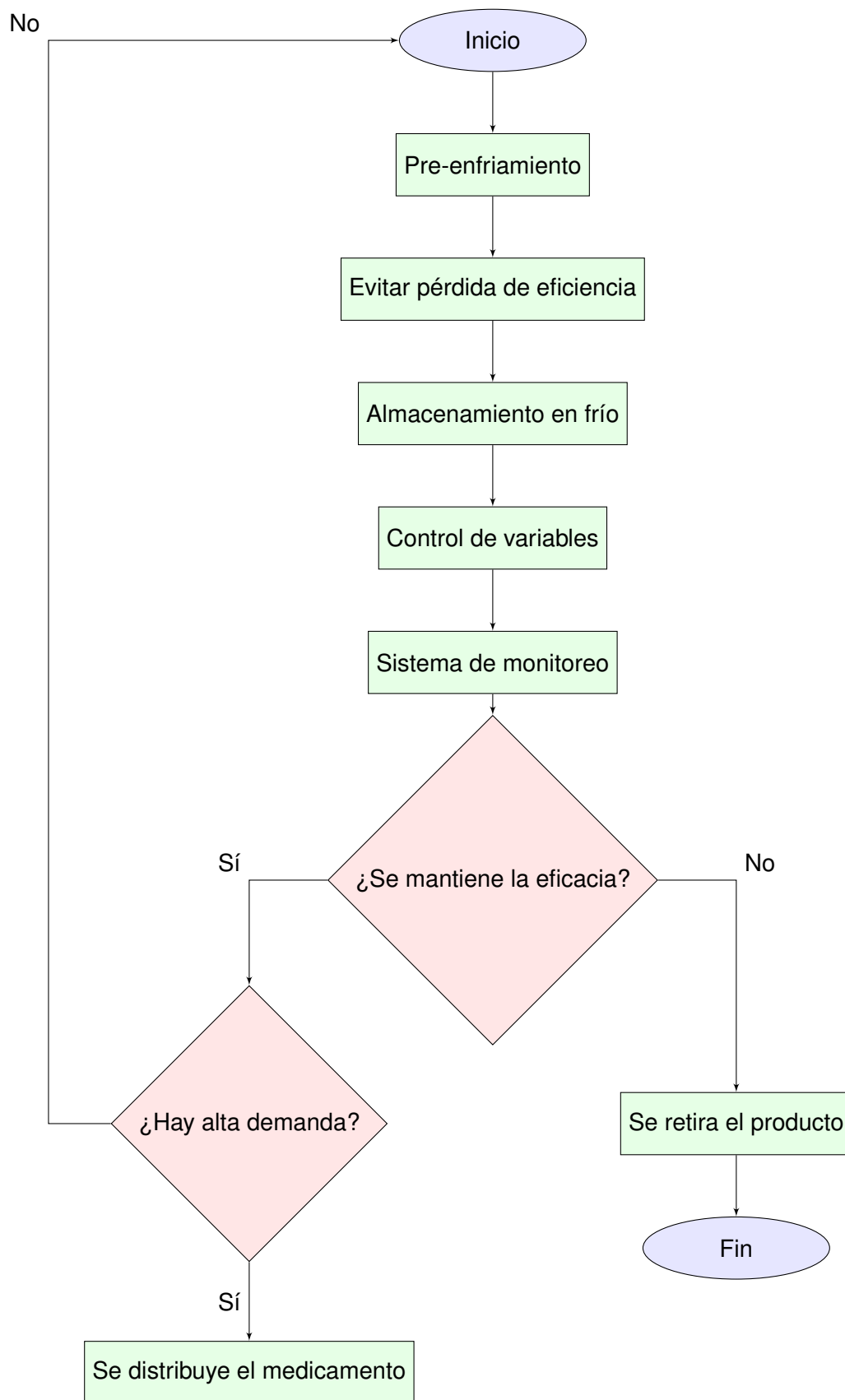


Figura 3.15: Diagrama de flujo para el proceso de gestión de insulina en una cámara frigorífica.

Fuente: Elaboración propia, basado y hecho desde Tikz de \LaTeX (Tantau, 2013).

3.7.3. Diagrama de funcionamiento general de sistema

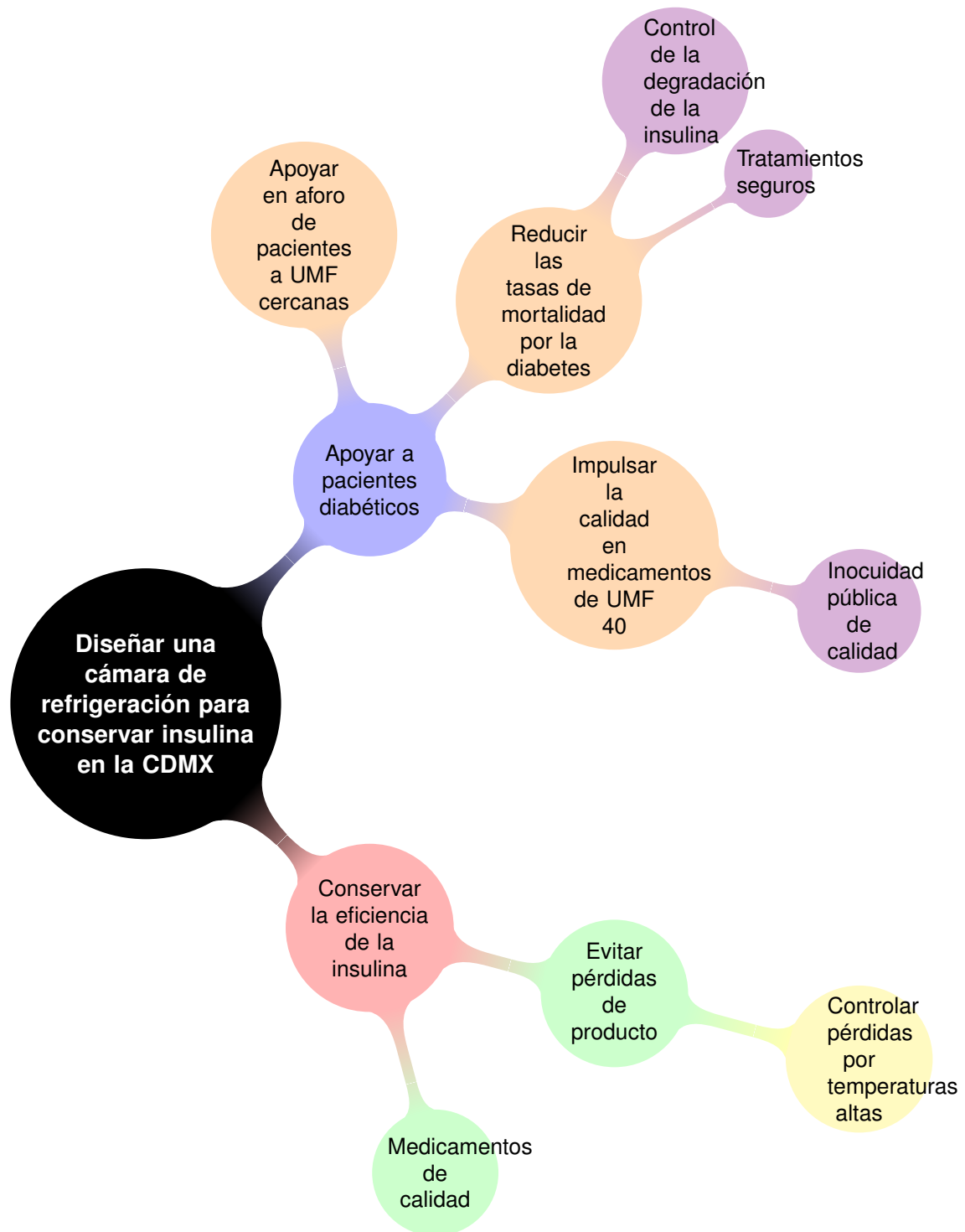


Figura 3.16: Mapa mental para el diseño de una cámara de refrigeración para conservar insulina en la CDMX.

Fuente: Elaboración propia, basado y hecho desde Tikz de \LaTeX (Tantau, 2013).

3.8. Listado de partes de los componentes del sistema

En la figura 3.12 se muestran los componentes principales a trabajar y se enumeran de la siguiente forma:

1. Paneles superiores: elementos que formarán parte del techo de la cámara. (Ver figura 3.12)
2. Paneles laterales: elementos que funcionarán como paredes y contendrán la temperatura en condiciones óptimas. (Ver figuras 3.12 y 3.13)
3. Accesos: Puertas/ventanas: permitirán el control y distribución del aire dentro (Ver figura 3.17) y fuera de la cámara frigorífica.
4. Equipo de enfriamiento: elemento encargado de proporcionar frío y transmitirlo al interior del recinto frigorífico. (Ver figuras ?? y 3.22)
5. Recubrimiento lateral: Material que recubre las paredes; estos ayudarán a aislar y conservar la temperatura del recinto.
6. Recubrimiento superior: Material que recubre el techo; estos ayudarán a aislar y conservar la temperatura del recinto.

En la siguiente figura (3.17) podemos apreciar la vista frontal de la cámara en donde se contará con una puerta corrediza, con las consideraciones ya descritas con anterioridad.

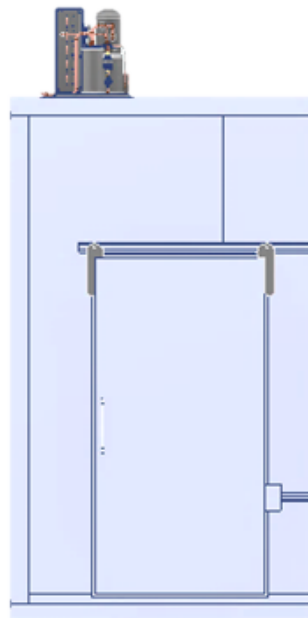


Figura 3.17: Vista frontal de la cámara.
Fuente: Elaboración propia basado de bibliocad, s.f.

3.9. Identificación del conjunto y/o subconjunto por área tecnológica

¿Cómo se relacionan entre sí los elementos componentes?

De la sección anterior (3.8) se tiene la siguiente lista de componentes principales del sistema de refrigeración a diseñar, los cuales son señalados en la figura 3.18 y descritos en la tabla 3.10

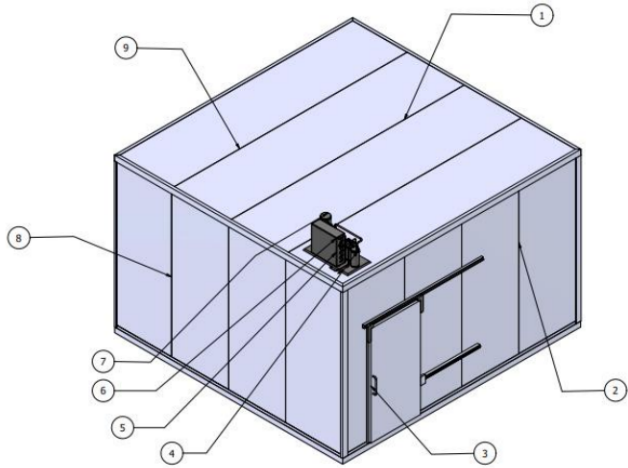


Figura 3.18: Elementos componentes principales del sistema de refrigeración a diseñar.
Fuente: Elaboración propia basado de bibliocad, s.f.

Cuadro 3.10: Identificación de elementos principales de forma general del sistema.

Número	Nombre del elemento o componente
1	Paneles superiores (techo)
2	Paneles laterales (paredes)
3	Puertas/ventanas
4	evaporador
5	condensador
6	compresor
7	Válvula de expansión
8	Recubrimiento lateral
9	Recubrimiento superior

Como se ha descrito en capítulos previos, las cámaras de refrigeración son fundamentales en la cadena de frío, especialmente para productos sensibles como la insulina, que requiere condiciones específicas de almacenamiento para mantener su eficacia y seguridad. Conocer los elementos de una cámara de refrigeración por área tecnológica es crucial para asegurar que estos medicamentos se conserven adecuadamente. A continuación, se detallan las áreas tecnológicas y la importancia de cada una en el contexto del almacenamiento de insulina.

La (Universidad de Guanajuato, 2022), describe a través de su blog (un documento en extenso) los componentes de un sistema de refrigeración tradicional los cuales han sido adaptados para el sistema del presente proyecto, se detallan en las tablas de 3.11 a 3.14.

Cuadro 3.11: Conjunto 1: Listado de componentes mecánicos/térmicos del sistema de refrigeración

Fuente: Elaboración propia basado de la Universidad de Guanajuato, 2022.

Nombre del elemento o componente	Descripción del conjunto o integración de subsistema
Compresor	El compresor es el corazón del sistema de refrigeración, esencial para mantener el refrigerante en movimiento.
Evaporador	Absorbe el calor del interior de la cámara, enfriando el aire para mantener una temperatura adecuada.
Condensador	Disipa el calor del refrigerante al exterior, ayudando a mantener una temperatura constante en la cámara.
Ventiladores	Aseguran la circulación de aire uniforme dentro de la cámara de refrigeración, evitando zonas de diferentes temperaturas.
Puertas y sellos	Mantienen la integridad de la cámara, evitando la entrada de aire caliente y humedad.
Recubrimiento térmico	Contiene la temperatura dentro de la cámara frigorífica evitando pérdidas de calor (paredes laterales y superiores).

Cuadro 3.12: Conjunto 2: Listado de componentes eléctricos y electrónicos del sistema de refrigeración

Fuente: Elaboración propia basado de Universidad de Guanajuato, 2022.

Nombre del elemento o componente	Descripción del conjunto o integración de subsistema
Termostato	Controla y monitoriza la temperatura interna de la cámara, asegurando condiciones óptimas.
Sensores de temperatura	Proporcionan lecturas precisas de la temperatura, fundamentales para el control del sistema.
Fuente de alimentación ininterrumpida	Garantiza el funcionamiento continuo durante cortes de energía, evitando fluctuaciones de temperatura.
Generador de respaldo	Proporciona energía durante apagones prolongados, asegurando el correcto funcionamiento del sistema.

Cuadro 3.13: Conjunto 3: Listado de componentes de automatización del sistema de refrigeración

Fuente: Elaboración propia basado de Universidad de Guanajuato, 2022.

Nombre del elemento o componente	Descripción del conjunto o integración de subsistema
Controlador electrónico	Regula el funcionamiento del sistema de refrigeración basado en lecturas de los sensores.
Sistema de monitoreo remoto	Permite la supervisión del sistema de refrigeración a distancia, facilitando la gestión y el mantenimiento.
Grabador de datos históricos	Registra las condiciones de temperatura a lo largo del tiempo, ayudando a mantener un registro detallado.
Sistemas de alarma	Alertan sobre cualquier desviación de la temperatura, permitiendo acciones correctivas rápidas.

Cuadro 3.14: Conjunto 4: Listado de componentes ergonómicos del sistema de refrigeración

Fuente: Elaboración propia basado de Universidad de Guanajuato, 2022.

Nombre del elemento o componente	Descripción del conjunto o integración de subsistema
Puertas de fácil acceso	Diseñadas para un acceso sencillo y seguro a la cámara.
Panel de control intuitivo	Facilita la operación del sistema, con interfaces fáciles de entender y manejar.
Iluminación interior adecuada	Proporciona una visibilidad clara dentro de la cámara, mejorando la seguridad y la eficiencia operativa.
Racks ajustables	Permiten la organización flexible del espacio de almacenamiento, optimizando el uso del espacio disponible.

3.10. Descripción de la interacción del elemento componente del sistema.

Teniendo en cuenta que para la interacción entre elementos componentes debe existir algún tipo de movimiento, ya sea por transmisión o de transformación, los cuales en un equipo de refrigeración son poco comunes, entonces, para este apartado no se describirá una lista de componentes con este enfoque.

3.11. Proceso del meta diseño de un sistema artefactual tecnológico

Para que el producto tecnológico cumpla adecuadamente su función, ¿qué partes son esenciales y cuáles no?

Se explica a continuación de acuerdo al autor (De Leon, 2017) para que una cámara de refrigeración cumpla adecuadamente su función de almacenar y conservar la insulina, es vital realizar un meta diseño detallado. Este análisis permite identificar los componentes esenciales que aseguran el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración y cuáles podrían ser prescindibles o de menor prioridad. Los componentes esenciales incluyen aquellos que directamente afectan la capacidad de mantener la temperatura adecuada, la seguridad y la estabilidad operativa del sistema.

Importancia del metadiseño

- Optimización del funcionamiento: Al entender la función de cada componente, se pueden optimizar sus características y ubicaciones para mejorar el rendimiento del sistema.
- Eficiencia energética: Identificar componentes clave ayuda a mejorar la eficiencia energética del sistema, reduciendo costos operativos.
- Fiabilidad y durabilidad: Asegurar que los componentes esenciales sean de alta calidad aumenta la fiabilidad y durabilidad del sistema.
- Costos de mantenimiento: Identificar partes no esenciales permite reducir costos de mantenimiento y reparación, enfocándose en componentes críticos.
- Seguridad y cumplimiento: Un estudio detallado asegura que el sistema cumpla con las normas de seguridad y regulaciones pertinentes.

Partes esenciales y no esenciales:

- Partes esenciales: Son aquellas cuyo fallo impactaría directamente en el funcionamiento de la cámara de refrigeración, como el compresor, el evaporador y los ventiladores.
- Partes no esenciales: Son componentes que, aunque necesarios, su fallo no detendría el sistema completo, como ciertos tornillos, pernos o elementos de soporte.

En la tabla 3.15 se retoma la información y características principales de los elementos del sistema artefactual para su correcta función.

Cuadro 3.15: Identificación de las partes esenciales de los componentes del sistema

Fuente: Elaboración propia basado de (Bohn de México, 2014)

Número	Componente	Duradero	Cambiable o modular	Flexible o compuesto	Comercial nacional	Comercial internacional	Selección
							Sí No
1	Paneles superiores (techo)	15 años	cambiable	flexible	x		x
2	Paneles laterales (paredes)	15 años	cambiable	flexible	x		x
3	Puertas y ventanas	15 años	cambiable	flexible	x		x
4	Evaporador	10-12 años	modular	compuesto	x	x	x
5	Condensador	10-12 años	modular	compuesto	x	x	x
6	Compresor	10-12 años	modular	compuesto	x	x	x
7	Válvula de expansión	10-12 años	modular	compuesto	x	x	x
8	Recubrimientos (lateral y superior)	15 años	cambiable	flexible	x		x

3.12. Alternativas tecnológicas de los componentes

Evaluar alternativas tecnológicas para los componentes del sistema de refrigeración, planteando los requerimientos técnicos y mostrando las restricciones operativas y de seguridad esenciales para cada componente. A continuación se describen algunas de las características de este apartado que posteriormente se desglosa en la tabla 3.16 (Salvatore, 2015).

El autor también describe algunas restricciones que se deben considerar en el proceso de diseño de la cámara frigorífica.

- Las restricciones operativas se refieren a las limitaciones y condiciones bajo las cuales los componentes y el sistema en su totalidad deben operar de manera efectiva. Estas restricciones aseguran que el sistema funcione dentro de los parámetros óptimos, manteniendo su rendimiento y evitando fallos.
 - Condiciones Ambientales: Los componentes deben ser capaces de operar en las condiciones ambientales esperadas, como temperatura y humedad. En el caso de una cámara de refrigeración, esto incluye temperaturas extremadamente bajas y ambientes húmedos.
 - Carga y Capacidad: Los componentes deben soportar la carga y capacidad de trabajo esperadas sin sufrir daños o degradación. Esto es especialmente importante para partes mecánicas como tornillos, pernos y racks ajustables.
 - Durabilidad y Ciclo de Vida: Los componentes deben tener una durabilidad adecuada y un ciclo de vida que cumpla con los requisitos del sistema, minimizando el mantenimiento y reemplazo frecuente.
 - Compatibilidad: Los componentes deben ser compatibles entre sí y con el sistema en general, asegurando una integración efectiva y sin problemas.
- Las restricciones de seguridad son las limitaciones y requisitos destinados a proteger a los usuarios y a la integridad del sistema. Estas restricciones buscan prevenir accidentes, fallos catastróficos y daños a las personas y al medio ambiente.
 - Protección contra Fallos: Los componentes deben estar diseñados para prevenir y resistir fallos, como sobrecalentamientos, cortocircuitos y fugas. Esto es crucial para partes como compresores y fuentes de alimentación.
 - Materiales Seguros: Los materiales utilizados en los componentes deben ser seguros para el entorno en el que se utilizan, no liberando sustancias tóxicas o peligrosas. Esto incluye materiales no reactivos y seguros para alimentos.
 - Diseño a Prueba de Manipulaciones: Los componentes deben estar diseñados para prevenir manipulaciones no autorizadas o accidentales, asegurando que solo el personal capacitado pueda acceder a ellos.
 - Normativas y Regulaciones: Los componentes deben cumplir con las normativas

y regulaciones de seguridad aplicables, como normas eléctricas, mecánicas y sanitarias. Esto asegura que el sistema cumpla con los estándares legales y de calidad.

Cuadro 3.16: Alternativas tecnológicas de los componentes

Fuente: Elaboración propia, basado de (Salvatore, 2015)

Componente	Restricción operacional	Restricción de seguridad
Paneles superiores (techo)	Resistencia a la intemperie, capacidad de carga	-
Paneles laterales (paredes)	Resistencia estructural, aislamiento térmico	-
Puertas y ventanas	Estanqueidad, aislamiento térmico, resistencia a la intemperie	Seguridad contra intrusiones, bloqueo seguro
Evaporador	Temperatura de evaporación, capacidad de intercambio de calor, flujo de aire	Seguridad contra fugas, protección contra congelamiento
Condensador	Temperatura de condensación, capacidad de intercambio de calor, flujo de aire	Seguridad eléctrica, protección contra sobrecalentamiento
Compresor	Rango de operación de presión, temperatura ambiente, aceite de lubricación, eficiencia	Seguridad eléctrica, protección contra sobrecalentamiento, dispositivos de paro de emergencia
Válvula de expansión	Control de flujo de refrigerante, compatibilidad con refrigerante, ajuste de supercalentamiento y/o subenfriamiento	-
Recubrimientos (lateral y superior)	Resistencia a la corrosión, durabilidad, compatibilidad con la estructura	Seguridad contra corrosión, materiales no tóxicos

3.13. Selección de los componentes del sistema artefactual tecnológico

Cuadro 3.17: Selección de los componentes del sistema artefactual tecnológico

Fuente: Elaboración propia, basado de (Salvatore, 2015)

Componente	Función en el sistema	Criterios de selección	Funcionamiento en el subsistema
Paneles superiores (techo)	Protección estructural y resistencia al clima	Material resistente a la intemperie, capacidad de carga	Forman la envolvente exterior, protegiendo contra condiciones climáticas y proporcionando resistencia estructural.
Paneles laterales (paredes)	Protección estructural y aislamiento térmico	Material resistente, capacidad de aislamiento térmico	Proporcionan estructura al sistema y ayudan a mantener la temperatura interna mediante el aislamiento térmico
Puertas y ventanas	Acceso controlado y protección térmica	Estanqueidad, aislamiento térmico, seguridad	Permiten el acceso al sistema, aseguran la estanqueidad y contribuyen al aislamiento térmico.
Evaporador	Absorción de calor y evaporación del refrigerante	Capacidad de intercambio de calor, flujo de aire, seguridad contra fugas	Absorbe el calor del entorno, permite que el refrigerante evapore y extrae calor del espacio a enfriar.
Condensador	Disipación de calor y cambio de fase del refrigerante	Capacidad de intercambio de calor, seguridad eléctrica	Libera el calor absorbido por el evaporador al entorno, permitiendo que el refrigerante cambie de fase.
Compresor	Compresión del refrigerante y circulación en el sistema	Capacidad de intercambio de calor, seguridad eléctrica	Comprime el refrigerante, aumentando su presión y temperatura para facilitar el intercambio de calor.
Válvula de expansión	Regulación del flujo de refrigerante	Control de flujo, compatibilidad con refrigerante	Regula el flujo del refrigerante hacia el evaporador, controlando así la cantidad de refrigerante que entra al sistema.
Recubrimientos (lateral y superior)	Protección estructural y resistencia a la corrosión	Resistencia a la corrosión, durabilidad	Proporciona protección contra la corrosión y daños físicos, contribuyendo a la integridad estructural.

3.14. Informática para el control del proceso

La transición de un diseño conceptual a un diseño preliminar a nivel de componentes es una etapa crucial en el desarrollo de una cámara de refrigeración para la conservación de insulina. Su importancia se puede resumir en varios puntos clave:

1. **Clarificación de la Viabilidad Técnica:** El diseño preliminar aborda la viabilidad técnica, incluyendo la selección y especificación de los componentes, asegurando que cada uno cumpla con los requisitos de rendimiento y durabilidad necesarios.
2. **Detallado de Especificaciones Técnicas:** En el diseño preliminar se detallan las especificaciones técnicas de cada componente, como el tipo de material, las dimensiones y las tolerancias. Esto asegura que todos los componentes funcionen en armonía y cumplan con los estándares de calidad y seguridad.
3. **Evaluación de Costos y Factibilidad Económica:** Esta etapa permite una evaluación más precisa de los costos, posibilitando hacer estimaciones más realistas y optimizar la relación costo-beneficio, garantizando la viabilidad económica del proyecto.
4. **Identificación de Problemas Potenciales:** El diseño preliminar permite identificar y solucionar problemas potenciales antes de la fase de producción, ahorrando tiempo y recursos.
5. **Facilitación de la Comunicación y Colaboración:** Un diseño preliminar detallado proporciona una base común para la comunicación entre todos los involucrados en el proyecto, promoviendo una colaboración eficiente y efectiva.
6. **Preparación para la Fabricación y Ensamblaje:** Define cómo fabricar y ensamblar los componentes, asegurando la calidad y consistencia del producto final con instrucciones detalladas para fabricantes y ensambladores.
7. **Consideraciones de Ecodiseño:** Se pueden incorporar consideraciones de ecodiseño, como la selección de materiales sostenibles y la optimización de la eficiencia energética, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y ofreciendo ventajas económicas a largo plazo.

Vea los gráficos 3.19,3.20, 3.21 y 3.22 y la tabla 3.18

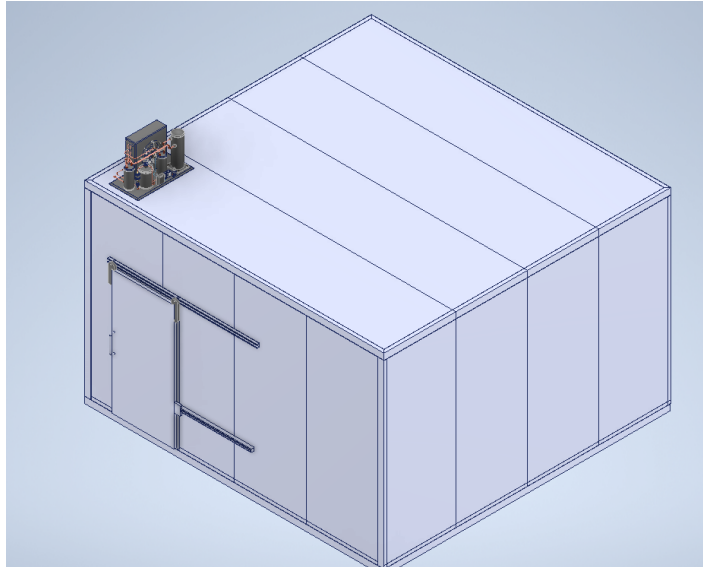


Figura 3.19: Diseño preliminar final, vista frontal

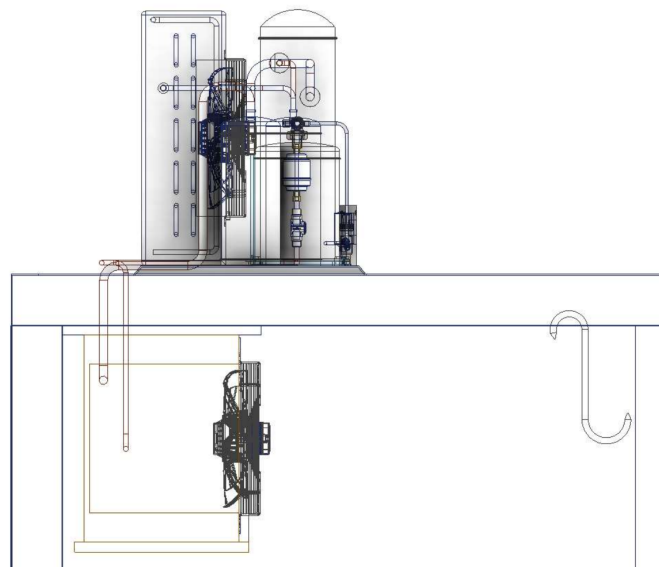


Figura 3.20: Vista de la cámara con el diseño final nivel de cableado

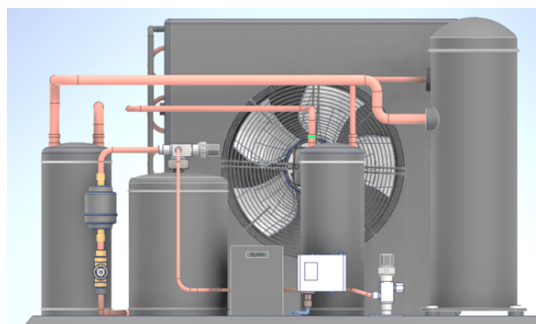


Figura 3.21: Sistema de ventilación

Fuente: Elaboración propia basado de bibliocad, s.f.

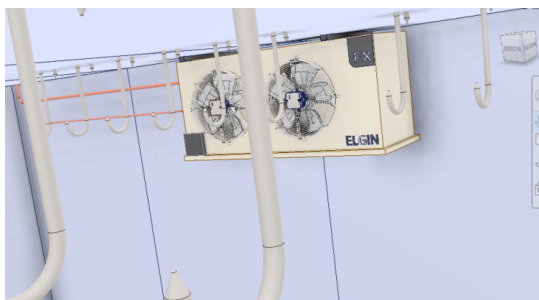


Figura 3.22: Vista interior de la cámara de refrigeración (Sistema de ventilación)
Fuente: Elaboración propia basado de bibliocad, s.f.

Consulte los anexos gráficos para ver más detalles de los planos y del diseño.

Cuadro 3.18: Elementos principales seleccionados de forma general del sistema.

Fuente: Elaboración propia basada en (Caterpillar, 2008)

Num	Nombre del componente	Material	Marca
1	Paneles superiores (techo)	Acero inoxidable con aislamiento de poliuretano	Kingspan
2	Paneles laterales (paredes)	Acero galvanizado con aislamiento de poliuretano	Metecno
3	Puertas/ventanas	Acero inoxidable con aislamiento térmico	True
4	Evaporador	Aluminio	Alfa Laval
5	Condensador	Cobre y aluminio	Emerson
6	Compresor	Acero	Copeland
7	Válvula de expansión	Latón	Danfoss
8	Recubrimiento lateral	Acero inoxidable	Kingspan
9	Recubrimiento superior	Acero inoxidable	Metecno

3.15. Conclusión

En este capítulo se han atacado los planteamientos básicos del diseño y la implementación de una cámara de refrigeración para conservar insulina en la Ciudad de México, los cuales sin duda, son procesos complejos que demandan una atención meticulosa a diversos aspectos. Además de los aspectos técnicos y logísticos, es fundamental adoptar un enfoque integral que considere las necesidades y preocupaciones de los pacientes diabéticos, así como el impacto potencial en la salud pública.

Además de garantizar la calidad y la eficacia de la insulina almacenada, es importante prestar atención a la disponibilidad y accesibilidad de la insulina para los pacientes diabéticos. Esto incluye aspectos como la distribución eficiente de los medicamentos, la gestión de inventarios y la coordinación con las unidades de atención médica para garantizar un suministro continuo y adecuado.

Por otro lado, conocer los planos y bosquejos preliminares es crucial para garantizar el almacenamiento seguro y eficiente de medicamentos sensibles, como la insulina. Permiten la identificación de áreas críticas, como la distribución de unidades de refrigeración, el aislamiento térmico adecuado y los sistemas de monitoreo y control de temperatura.

Adicionalmente, la selección adecuada de los materiales es esencial para asegurar la durabilidad, eficiencia y seguridad de la cámara de refrigeración. Materiales como el acero inoxidable y el aluminio no solo ofrecen resistencia a la corrosión y excelentes propiedades térmicas, sino que también contribuyen a la sostenibilidad del sistema al ser reciclables.

Finalmente, la etapa de ecodiseño es crucial para minimizar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de la cámara de refrigeración. Esto implica la consideración de factores como el consumo energético, la selección de materiales sostenibles y la eficiencia de los procesos de fabricación y reciclaje.

Un enfoque de ecodiseño no solo contribuye a la conservación del medio ambiente, sino que también puede generar beneficios económicos a largo plazo al optimizar recursos y reducir costos operativos.

Glosario

A

Absorción: Es la extracción de uno o más componentes de una mezcla de gases cuando los gases y los líquidos entran en contacto. El proceso se caracteriza por un cambio en el estado físico o químico de los componentes.

B

Barrido: Práctica en refrigeración que consta en la limpieza de las tuberías que forman un circuito frigorífico mediante la impulsión (por medio de un gas a alta presión) de un fluido de limpieza que barre el interior de las tuberías.

C

Caída de presión: La diferencia de presión entre dos puntos.

Calor latente: Calor que provoca el cambio de estado de una sustancia sin cambio en la temperatura o presión.

Calor sensible: Calor que cambia la temperatura de una sustancia. Puede ser medida con un termómetro.

Compresor: Es el componente de una instalación frigorífica encargado de aspirar el refrigerante en estado gaseoso, para luego comprimirlo, y descargarlo hacia el condensador como refrigerante en estado gaseoso a alta temperatura y presión.

Conducción: La transferencia de calor por contacto directo entre dos objetos a diferentes temperaturas. Esta toma lugar en sólidos y también entre sólidos que están en contacto directo con otro.

Convección: El proceso mediante el cual gases y líquidos se mueven debido a cambios en la temperatura y presión.

E

Entalpía: La cantidad total de energía térmica (calor) contenida en una sustancia. Esto depende de la naturaleza de la sustancia, presión y temperatura.

G

Gas no condensable: Un gas que no cambia a estado líquido bajo condiciones normales de operación. Los gases no condensables en un sistema generalmente son la humedad o el aire.

R

Refrigerante: Fluido en un sistema frigorífico que adquiere calor mediante su evaporación a baja temperatura y presión y entrega este calor mediante su condensación a alta presión y temperatura.

S

Sistema en cascada: Es el arreglo en el cual dos o más sistemas frigoríficos operan en serie; el evaporador de una máquina enfría el condensador de la otra máquina.

T

Termostato: Elemento de una instalación frigorífica que controla la temperatura de un recinto o ambiente. Mediante la apertura o cierre de un contacto, establece el corte o puesta en marcha de la instalación frigorífica.

Tonelada de refrigeración: Cantidad de frío producido mediante el derretimiento de 1 tonelada de hielo en 24 horas.

Torre de enfriamiento: Es un accesorio del condensador usado para enfriar agua.

V

Visor de líquido: Tal como su nombre lo describe, la utilización de este elemento nos permite observar el pasaje del refrigerante. Se instala antes del dispositivo de expansión, y en algunos modelos, lleva indicador de humedad.

Referencias

- Agustín, D., y Vanegas, D. (2011, 01). Descripción de dispositivos de expansión termostática en sistemas de refrigeración.
- Bercofred. (2021, 2). *Consejos sobre cómo elegir la mejor cámara frigorífica para tu negocio*. <https://www.bercofred.com/consejos-sobre-como-elegir-la-mejor-camara-frigorifica-para-tu-negocio/>.
- bibliocad. (s.f.). *Evaporador en 3d. en AutoCAD | Bibliocad*. https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/evaporador-de-una-planta-pesquera_26654/.
- Bohn de México, B. (2014). *BOHN - Líder en la fabricación de Equipos de Refrigeración Comercial e Industrial*. <https://www.bohn.com.mx/>.
- Boles, M. A., y Çengel, Y. A. (2010). *Thermodynamics : An Engineering Approach, 7th Edition*. <https://www.mybooklibrary.com/pdf/thermodynamics-an-engineering-approach-7th-edition.pdf>.
- Bruno. (2024, 1). *Cálculo de cargas térmicas de climatización*. <https://www.ingenierosindustriales.com/calculo-de-cargas-termicas-de-climatizacion/>.
- Caloryfrio, M. I. (2018, 11). *Efectos de los reglamentos F-gas y de ecodiseño en la fabricación de equipos y centrales frigoríficas de HFC*. <https://www.caloryfrio.com/refrigeracion-frio/efectos-reglamentos-f-gas-ecodiseno-equipos-centrales-frigorificas-hfc.html>.
- Carrier, C. (1980, 11). Manual de aire acondicionado. *McGRAW-HILL*. <https://onx.la/a5c4e>.
- Carson, J. (2013). *Refrigeration: Theory and applications*. Bookbook.
- Caterpillar. (2008). *Know your cooling system*. us: Autor.
- Çengel, Y. A. (2009). *Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer*. McGraw-Hill Higher Education.
- CIMA Agencia Española, M. Y. P. S. (2006, 4). *CIMA: FICHA TECNICA HUMALOG 100 UNIDADES/ML SOLUCION INYECTABLE EN VIALES*. <https://goo.su/ROjz8g>.
- CIMA Agencia Española, M. Y. P. S. (2015, 2). *CIMA: FICHA TECNICA LANTUS SOLOSTAR 100 UNIDADES/ML SOLUCION INYECTABLE EN PLUMA PRECARGADA*. <https://goo.su/fADk>.
- Clima. Distrito Federal*. (s.f.). <https://goo.su/P3Ce>.
- Cressie, N. (1993). *Statistics for Spatial Data*. <https://doi.org/10.1002/9781119115151>. doi: 10.1002/9781119115151
- De Leon, E. (2017). *Construcción y diseño de una cámara frigorífica*. Descargado de <https://www.edificacionescien.com/es/blog-cien-3/33-construccion-y-diseno-de-una-camara-frigorifica.html>
- De Salud, S. (2022, 8). *Normas oficiales mexicanas*. <https://www.gob.mx/salud/en/documentos/normas-oficiales-mexicanas-9705>.
- Dincer, I., y Kanoglu, M. (2010). *Refrigeration systems and applications 2e: Dinçer/refrigeration systems and applications*. Hoboken, NJ, Estados Unidos de América: Wiley-Blackwell.

- Farmacias del Ahorro, F. (2024). *Insulina lantus*. <https://www.fahorro.com/lantus-100-u-ml-con-1-frasco-ampula-con-10-ml.html>. (Accessed: 2024-5-3)
- Farmacias San Pablo, F. (2024). *Insulina humalog lispro*. <https://www.farmaciasanpablo.com.mx/medicamentos/supervision-medica/g—h—i/humalog-insulina-lispro-suspension-inyectable-10-ml-frasco-ampula/p/000000000001550093>. (Accessed: 2024-5-3)
- Gobierno de México, g. (2018). *Carteras de necesidades tecnológicas: energía termosolar*. <https://goo.su/kKPpWLb>. (Recuperado el 26 de abril de 2024)
- Grupo CIAT. (2011, diciembre). *El grupo CIAT refuerza su compromiso medioambiental implementando el ecodiseño en sus sistemas de climatización y refrigeración*. <https://www.construible.es/2011/12/20/el-grupo-ciat-refuerza-su-compromiso-medioambiental>. (Accessed: 2024-5-3)
- Heinemann, L., Braune, K., Carter, A., Zayani, A., y Krämer, L. A. (2020, 1). Insulin storage: a critical reappraisal. *Journal of diabetes science and technology*, 15(1), 147–159. <https://doi.org/10.1177/1932296819900258>. doi: 10.1177/1932296819900258
- Hogartecnocasa. (2016, 12). *Diseño moderno y flexible en refrigeración*. <https://hogartecnocasa.wordpress.com/2016/12/24/disenio-moderno-flexible-en-refrigeracion/>.
- HVAC. (2016, 5). *Criterios de selección para centrales frigoríficas*. <https://www.mundohvacr.com/2012/05/criterios-de-seleccion-para-centrales-frigorificas/>.
- Inditer. (2023, 10). *Componentes esenciales en sistemas de refrigeración industrial*. <https://inditer.es/blog/componentes-en-refrigeracion-industrial/>.
- Intarcon. (s.f.). *TECFRINOR - Calculadora frigorífica*. <https://www.tecfrinor.com/calculadora/calc.html>.
- Intarcon. (2023, 1). *Ecodiseño: Unidades condensadoras y enfriadoras de proceso*. <https://www.intarcon.com/ecodisenio-unidades-condensadoras-y-enfriadoras-de-proceso/>.
- Ledesma, D. (2024). *Comunicación personal*. Unidad Médica Familiar 40: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Liu, H., Sun, H., Hao, M., y Liu, J. (2021, 11). Analysis and modeling of air conditioner usage behavior in residential buildings using monitoring data during hot and humid season. *Energy and buildings*, 250, 111297. <https://onx.la/16945>. doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111297
- Lucidchart. (2022). *Qué es un diagrama de flujo*. <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>.
- Madriz-Ramírez, M. F., Solano-Núñez, K. A., y Rodríguez-Calvo, M. (2022, 11). Analysis of a cooling system for robotic joints using a computational fluid dynamics study. *Tecnología en marcha*. <https://acortar.link/70GgkJ>. doi: 10.18845/tm.v35i9.6488
- Marrelli, S. (2011). *Educación tecnológica: necesidades*. <https://sebamarrelli.blogspot.com/p/necesidades.html>. (Recuperado el 26 de abril de 2024)

- Parise, J. A. R., y Marques, R. P. (2005, 11). The Role of Heat Transfer in Refrigeration. *Heat transfer engineering*, 26(9), 1–4. <https://doi.org/10.1080/01457630500205521>. doi: 10.1080/01457630500205521
- Rio, S., Isaza-Roldan, C., Jara, N., Mejia, H., y Ospina, J. (2014, 06). Estudio de la carga térmica en refrigeradores domésticos para climas tropicales..
- Salvatore, R. G. W. (2015, 5). *Diseño y construcción de una cámara frigorífica modular de 9.6m3 para conservación de vacunas*. Descargado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9248>
- Sistemas de ventilación S&P, S. (2023, 11). *Cálculo de cargas térmicas: conceptos básicos y métodos / S&P*. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/calculo-cargas-termicas/>.
- Suarez, F. (2022, 4). *Motor Evaporador para tu Sistema de Refrigeración - Freeo*. <https://freeo.com.mx/motor-evaporador-para-tu-sistema-de-refrigeracion/>.
- Tantau, T. (2013). Graph drawing in TikZ. En *Proceedings of the 20th international conference on graph drawing* (pp. 517–528). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-3-642-36763-2_46
- Theoms. (2023, 6). *Un poco de teoría: Etapas del Ciclo de Refrigeración*. <https://www.kosner.es/ciclo-de-refrigeracion/>.
- Universidad de Guanajuato. (2022, julio). *Clase digital 4. componentes de un sistema de refrigeración*. <https://blogs.ugto.mx/rea/clase-digital-4-componentes-de-un-sistema-de-refrigeracion/>. Sistema Universitario de Multimodalidad Educativo (SUME) - Universidad de Guanajuato. (Accessed: 2024-6-07)
- Velazquez, b. M. (2020). *Cargas térmicas en refrigeración*. <https://shre.ink/8pjQ>. (Accessed: 2024-5-02)

Anexos

Tablas

Anexo 1. Requerimientos y propiedades de almacenamiento para productos perecederos

Mercancia	Condiciones de Almacenamiento			Punto de Congelación más alto °F	Calor Específico Arriba del punto de congelación BTU / Lb / °F	Calor Específico Abajo del punto de congelación BTU / Lb / °F	Calor Latente de Fusión BTU / Lb	Densidad Aprox. de la Carga del Producto Lb / pie ³
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Manzanas	30-40	90	3-8 meses	29.3	0.87	0.45	121	28
Espárragos	32-36	95	2-3 semanas	30.9	0.94	0.48	134	25
Aguacates	45-55	85-	2-4 semanas	31.5	0.72	0.40	94	19
Plátanos	55-65	85-95	-	30.6	0.80	0.42	108	-
Habas	-	-	-	30.1	0.73	0.40	40	-
Secas	-	-	-	-	0.30	0.24	-	-
Frijol verde(ejote)	40-45	90-95	7-10 días	30.7	0.91	0.47	128	14
Lima	32-40	90	1 semana	31.0	0.73	0.40	94	-
Cerveza barril	35-40	-	3-8 semanas	28.0	0.92	-	129	-
Botellas, latas	35-40	65 o abajo	3-6 meses	28.0	0.92	-	129	-
Remolacha, residuos	32	95-100	4-6 meses	30.1	0.90	0.46	126	23
Zarzamora	31-32	95	3 días	30.5	0.88	0.46	122	19
Pan	-	-	1-3 meses	16 a 20	0.70	0.34	46-53	-
Masa	35-40	85-90	3-72 horas	-	0.75	-	-	-
Brocoli brotado	32	95	10-14 días	29.0	0.92	0.47	130	13
Coles brotando	32	95	3-5 semanas	30.5	0.88	0.46	122	-
Col(Col mariposa)	32	95-100	3-4 meses	30.4	0.94	0.47	132	17
Zanahoria madura	32	98-100	5-9 meses	29.5	0.90	0.46	126	22
Coliflor	32	95	2-4 semanas	29.0	0.93	0.47	132	16
Apio	32	95	1-2 meses	31.1	0.95	0.48	135	30
Cereza agria	31-32	90-95	3-7 días	29.0	0.87	-	120	18
Dulce	30-31	90-95	2-3 semanas	28.8	0.84	-	-	-
Chocolate	50-65	40-50	2-3 meses	95-85	0.30	0.55	40	-
Cocoa	32-40	50-70	1 año, más	-	-	-	-	-
Coco	32-35	80-85	1-2 meses	30.4	0.58	0.34	67	-
Café verde	35-37	80-85	2-4 meses	-	0.30	0.24	14-21	-
Maíz dulce(fresco)	32	95	4-8 días	30.9	0.79	0.42	106	16
Elotes	-	-	-	29.9	0.79	0.42	106	-
Pepino	50-55	90-95	10-14 días	31.1	0.97	0.49	137	20
Pasas, grosella	31-32	91-95	10-14 días	30.2	0.88	0.45	120	-
Productos lácteos								
Queso chedar	40	65-70	6 meses	8.0	0.50	0.31	53	40
Queso procesado	40	65-70	12 meses	19.0	0.50	0.31	56	40
Mantequilla	40	75-85	1 mes	-4a31	0.50	0.25	23	-
Crema	35-40	-	2-3 semanas	31.0	0.66-0.80	0.36-0.42	79-107	-
Helado	-20 a -15	-	3-12 meses	21.0	0.66-0.70	0.37-0.39	86	25
Leche entera líquida								
Pasteurizada grado A	32-34	-	2-4 meses	31.0	0.3	0.46	125	-
Condensada, endulzada	40	-	15 meses	5.0	0.42	0.28	40	-
Evaporada	40	-	24 meses	29.5	0.79	0.42	106	-
Dátil secado	0 o 32	75 o menos	6-12 meses	3.7	0.36	0.26	29	24
Zarzamora	31-32	90-95	3 días	27.0	0.88	-	-	-
Frutas secas	32	50-60	9-12 meses	-	0.31-0.41	0.26	20-37	45
Berenjena	45-50	90-95	7-10 días	30.6	0.94	0.48	132	-
Huevo	29-31	80-85	5-6 meses	28.0	0.73	0.40	96	19
Refrigerado en cultivo	50-55	70-75	2-3 semanas	28.0	0.73	0.40	96	19
Congelado entero	0 o abajo	-	un año, más	28.0	0.73	0.42	106	41
Higo seco	32-40	50-60	9-12 meses	-	0.39	0.27	34	45
Fresco	31-32	85-90	7-10 días	27.6	0.82	0.43	112	21
Pescado fresco	30-35	90-95	5-15 días	28.0	0.70-0.86	0.38-0.45	89-122	-
Pescado congelado	-20 a -4	90-95	6-12 meses	28	0.76	0.41	101	-
En hielo	-	-	-	-	0.76	0.41	101	-
Abadejo, bacalao	30-35	90-95	15 días	28	0.82	0.43	112	35
Salmon	30-35	90-95	15 días	28	0.71	0.39	92	33
Ahumado	40-50	50-60	6-8 meses	-	0.70	0.39	92	-
Camarón	31-34	95-100	12-14 días	28	0.86	0.45	119	-
Cangrejos, langostas, mariscos frescos	30-33	86-95	3-7 días	28.0	0.83-0.90	0.44-0.46	113-125	-
Atún	30-35	90-95	15 días	28	0.76	0.41	100	35
Forro de piel y tejidos	34-40	45-55	varios años	-	-	-	-	-
Ajo seco	32	65-70	6-7 meses	30.5	0.69	0.40	89	-
Grosella espinosa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.0	0.90	0.46	126	19
Toronja	50-60	85-90	4-6 semanas	30.0	0.91	0.46	126	30
Uva tipo americana	31-32	85-90	2-8 semanas	29.7	0.86	0.44	116	29
Tipo europea	30-31	90-95	3-6 meses	28.1	0.86	0.44	116	32
Verdes frondosas	32	95	10-14 días	30.0	0.91	0.48	136	-
Guayaba	45-50	90	2-3 semanas	-	0.86	-	-	-
Miel	38-50	50-60	un año, más	-	0.35	0.26	26	-
Rábano	30-32	95-100	10-12 meses	28.7	0.78	0.42	104	-
Col rizada	32	95	3-4 meses	31.1	0.89	0.46	124	-
Colinabo	32	95	2-4 semanas	30.2	0.92	0.47	128	-
Puerro verde	32	95	1-3 meses	30.7	0.88	0.46	126	-
Limonas	32 o 50-58	85-90	1-6 meses	29.4	0.91	0.46	127	33
Lechuga	32-34	95-100	2-3 semanas	31.7	0.96	0.48	136	32
Limas	48-50	85-90	6-8 semanas	29.1	0.89	0.46	122	32

*No se basa en mantener un valor nutricional

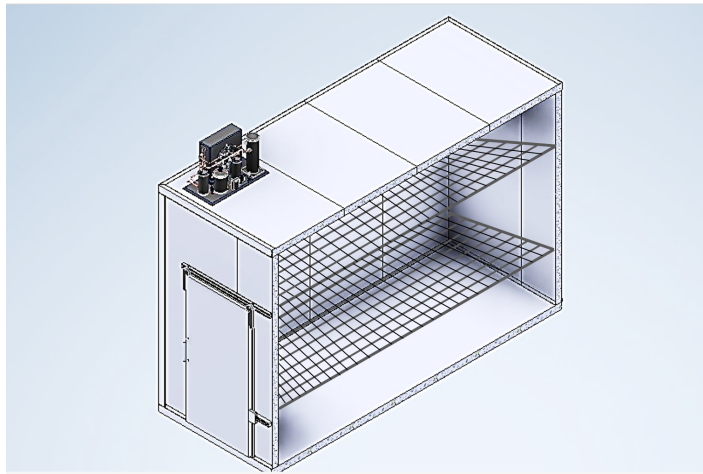
Reimpreso con permiso de ASHRAE

Continuación de anexo 1.

Mercancía	Condiciones de Almacenamiento			Punto de congelación Más alto ° F	Calor Especifico Arriba del punto de congelación BTU / Lb / °F	Calor Especifico Abajodel punto de congelación BTU / Lb / °F	Calor Latente de Fusión BTU / Lb	Densidad Aprox. de la Carga del producto Lb / pie ³
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Jarabe de Maple	75 - 80	60 - 65	1 año, más	—	0.24	0.21	7	—
Mangos	55	85 - 90	2 - 3 semanas	30.3	0.85	0.44	117	—
Carne								
Tocino curado estilo granja	60 - 65	85	4 - 6 meses	—	0.30 - 0.43	0.24 - 0.29	18 - 41	57
Carne de res	32 - 34	82 - 92	1 - 6 semanas	28 - 29	0.70 - 0.84	0.38 - 0.43	89 - 110	—
Jamones de pierna y espadilla	32 - 34	85 - 90	7 - 12 días	28 - 29	0.58 - 0.63	0.34 - 0.36	67 - 77	37
Curado	60 - 65	50 - 60	0 - 3 años	—	0.52 - 0.56	0.32 - 0.33	57 - 64	—
Cordero fresco	32 - 34	85 - 90	5 - 12 días	28 - 29	0.68 - 0.76	0.38 - 0.51	86 - 100	—
Hígado congelado	-10 - 0	90 - 95	3 - 4 meses	—	—	0.41	100	—
Cerdo fresco	32 - 34	85 - 90	3 - 7 días	28 - 29	0.46 - 0.55	0.30 - 0.33	46 - 63	—
Embutido ahumado	40 - 45	85 - 90	6 meses	—	0.68	0.38	86	—
Fresco	32	85 - 90	1 - 2 semanas	26.0	0.89	0.56	93	—
Chuleta de ternera fresca	32 - 34	90 - 95	5 - 10 días	28 - 29	0.71 - 0.76	0.39 - 0.41	92 - 100	—
Melón cantalupo	36 - 40	90 - 95	5 - 15 días	29.9	0.93	0.48	132	25
Melón dulce	45 - 50	90 - 95	3 - 4 semanas	30.3	0.94	0.48	132	24
Sandía	40 - 50	80 - 90	2 - 3 semanas	31.3	0.97	0.48	132	27
Hongos, champiñón	32	90	3 - 4 días	30.4	0.93	0.47	130	—
Leche	34 - 40	—	7 días	31	0.93	0.49	124	64
Nectarinas	31 - 32	90	2 - 4 semanas	30.4	0.90	0.49	119	—
Nueces secas	32 - 50	65 - 75	8 - 12 meses	—	0.22 - 0.25	0.21 - 0.22	4 - 8	25
Margarina	35	60 - 70	1 año, más	—	0.38	.25	22	—
Aceituna fresca	45 - 50	85 - 90	4 - 6 semanas	29.4	0.80	0.42	108	—
Cebolla, Cebolla estibada	32	65 - 70	1 - 8 meses	30.6	0.90	0.46	124	—
Verde	32	95	3 - 4 semanas	30.4	0.91	—	—	22
Naranjas	32 - 48	85 - 90	3 - 12 semanas	30.6	0.90	0.46	724	34
Jugo de naranja	30 - 35	—	3 - 6 semanas	—	0.91	0.47	128	—
Papayas	45	85 - 90	1 - 3 semanas	30.4	0.82	0.47	130	—
Perejil	32	95	1 - 2 meses	30.0	0.88	0.45	122	—
Duraznos y nectarines	31 - 32	90	2 - 4 semanas	30.3	0.90	0.46	124	33
Pera	29 - 31	90 - 95	2 - 7 meses	29.2	0.86	0.45	118	47
Pimiento dulce	45 - 50	91 - 95	2 - 3 semanas	30.7	0.94	0.47	132	41
Pimientos, Chile seco	32 - 50	60 - 70	6 meses	—	0.30	0.24	17	—
Piñas maduras	45	85 - 90	2 - 4 semanas	30.0	0.88	0.45	122	25
Ciruelas, incluye ciruela pasa	31 - 32	90 - 95	2 - 4 semanas	30.5	0.88	0.45	118	22
Granada	32	90	2 - 4 semanas	26.6	0.87	0.48	112	—
Semilla vegetal	32 - 50	50 - 65	10 - 12 meses	—	0.29	0.23	16	—
Maíz palomero	32 - 40	85	4 - 6 meses	—	0.31	0.24	19	—
Papás cosecha reciente	50 - 55	90	0 - 2 meses	30.9	0.85	0.44	116	42
Cosecha anterior	38 - 50	90	5 - 8 meses	30.9	0.82	0.43	111	—
Aves pollo fresco	32	85 - 90	1 semana	27.0	0.79	0.42	106	38
Aves congeladas	-10 - 0	90 - 95	12 meses	27.0	0.79	0.37	106	—
Ganso fresco	32	85 - 90	1 semana	27.0	0.57	0.34	67	—
Pavo fresco	32	85 - 90	1 semana	27.0	0.64	0.37	79	25
Calabaza	50 - 55	70 - 75	2 - 3 meses	30.5	0.92	0.47	130	—
Membrillo	31 - 32	90	2 - 3 meses	28.4	0.88	0.45	122	—
Rábano preempacado	32	95	3 - 4 semanas	30.7	0.95	0.48	134	—
Pasas secas	40	60 - 70	9 - 12 meses	—	0.47	0.32	43	45
Conejo fresco	32 - 34	90 - 95	1 - 5 días	—	0.74	0.40	98	22
Frambuesa negra	31 - 32	90 - 95	2 - 3 días	30.0	0.84	0.44	122	—
Frambuesa roja	31 - 32	90 - 95	2 - 3 días	30.9	0.87	0.45	121	—
Colinabo, nabó sueco	32	98 - 100	4 - 6 meses	30.1	0.91	0.47	127	—
Salsifí	32	98 - 100	2 - 4 meses	30.0	0.83	0.44	113	—
Espinacas	32	95	10 - 14 días	31.5	0.94	0.48	132	31
Calabaza de verano	32 - 50	85 - 95	5 - 14 días	31.1	0.95	0.48	135	—
Calabaza de invierno	50 - 55	70 - 75	4 - 6 meses	30.3	0.91	0.48	127	—
Fresas frescas	31 - 32	90 - 95	5 - 7 días	30.6	0.92	0.42	129	40
Azúcar, Maple	75 - 80	60 - 65	1 año, más	—	0.24	0.21	7	—
Papás dulces	55 - 60	85 - 90	4 - 7 meses	29.7	0.75	0.40	97	25
Almibar, Maple	31	60 - 70	1 año, más	—	0.48	0.31	51	—
Mandarinas	32 - 38	85 - 90	2 - 4 semanas	30.1	0.90	0.46	125	—
Tabaco, Cigarrillos	35 - 46	50 - 55	6 meses	25.0	—	—	—	—
Cigarros	35 - 50	60 - 65	2 meses	25.0	—	—	—	—
Tomates, verde maduro	55 - 70	85 - 90	1 - 3 semanas	31.0	0.95	0.48	134	25
Tomate firme maduro	45 - 50	85 - 90	4 - 7 días	31.1	0.94	0.48	134	21
Nabos raíces	32	95	4 - 5 meses	30.1	0.93	0.47	130	—
Verduras mixtas	32 - 40	90 - 95	1 - 4 semanas	30.0	0.90	0.45	130	25
Camotes	60	85 - 90	3 - 6 meses	28.5	0.79	0.40	105	—
Levadura comprimida de panadería	31 - 32	—	—	—	0.77	0.41	102	—

*No se basa en mantener un valor nutricional

Imágenes

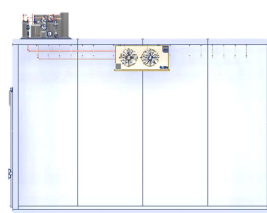


Anexo2. Idea general de las divisiones al interior de la cámara (falta considerar espacios)

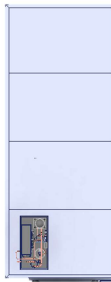
VISTA FRONTAL



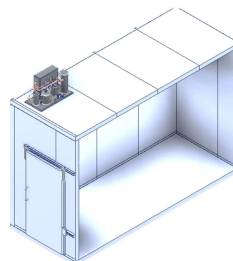
VISTA LATERAL DERECHA



VISTA SUPERIOR



VISTA SUPERIOR



Anexo3. Vistas de la cámara.