



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

**PROPUESTA DE DISEÑO DE CUARTO FRÍO EN EL LABORATORIO
DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL ITUGS**

Luis José Cifuentes

Asesorado por el Ing. Jorge Mario Muñoz Paz

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE CUARTO FRÍO EN EL LABORATORIO
DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL ITUGS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS JOSÉ CIFUENTES

ASESORADO POR EL ING. JORGE MARIO MUÑOZ PAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magaly Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE DISEÑO DE CUARTO FRÍO EN EL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL ITUGS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 5 de abril de 2016.



Luis José Cifuentes

Guatemala, 11 de enero del 2019

Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero

Por medio de la presente informo a usted, que como asesor del Trabajo de Graduación del estudiante universitario **Luis José Cifuentes**, quien se identifica con el carné universitario número **2007-15416**, procedí a asesorar la tesis de cuatro capítulos, cuyo título es: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE CUARTO FRÍO EN EL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL ITUGS”**. El cual encuentro satisfactorio.

En tal virtud, **LA DOY POR ASESORADA**, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



Jorge Mario Muñoz Paz
Ing. Mecánico Industrial
Col. 5396

Ing. Jorge Mario Muñoz Paz
Colegiado Activo No. 5396



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.179A.2019

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE CUARTO FRÍO EN EL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL ITUGS** desarrollado por el estudiante **Luis José Cifuentes**, CUI **2612658140101** y Reg. Académico No. **200715416** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Coordinador Área Térmica
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, junio 2019



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.221.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Térmica del trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE CUARTO FRÍO EN EL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL ITUGS** desarrollado por el estudiante **Luis José Cifuentes**, CUI **2612658140101** y Reg. Académico No. **200715416** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, septiembre de 2019

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.367.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE CUARTO FRÍO EN EL LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO DEL ITUGS**, presentado por el estudiante universitario: **Luis José Cifuentes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Septiembre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una importante influencia en mi vida.
Mi madre	Dalila Cifuentes, su amor será siempre mi inspiración.
Mis tíos	Por ser una importante influencia en mi carrera, y estar a mi lado durante mi infancia.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de acceder a la educación superior.
Facultad de Ingeniería	Por aportar conocimientos tecnológicos a mi carrera, entre otras cosas.
Licenciados	Fernando Fernández y Julio Díaz-Durán, por ser una ayuda importante en mi vida.
Mis amigos	Por estar a mi lado apoyándome en los buenos y malos momentos durante mi vida.
Compañeros de trabajo	Por ser un apoyo en mi carrera profesional y laboral.
Los catedráticos	Que compartieron su conocimiento y sus experiencias para enriquecer mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. GENERALIDADES DEL ITUGS	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Objetivos, misión, visión	4
1.3. Organización académica	7
1.4. Planta física	9
1.5. Carreras.....	11
1.6. Ubicación geográfica	13
1.7. Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado	13
1.7.1. Equipo existente	14
1.7.2. Refrigeradores.....	15
1.7.3. Máquinas para hacer helado	17
1.7.4. Bomba de calor.....	17
1.7.5. Cámara de congelado y de temperatura media.....	17
1.7.6. Equipos de aire acondicionado tipo ventana y mini Split	18
1.7.7. Chiller enfriado por agua y enfriado por aire.....	20
1.7.8. Banco de compresores	21
1.7.9. Refrigeradores didácticos y extractores de aire.....	21

1.7.10.	Recuperadores de refrigerante.....	22
1.7.11.	Oasis y deshumificadores	22
1.7.12.	Soldadura al arco y oxiacetilénica	23
2.	CONCEPTOS GENERALES	25
2.1.	Refrigeración.....	25
2.1.1.	Componentes de un sistema de refrigeración	26
2.1.1.1.	Compresor.....	26
2.1.1.2.	Evaporador.....	28
2.1.1.3.	Condensador.....	29
2.1.1.4.	Dispositivos de expansión	31
2.1.2.	Refrigerantes y lubricantes.....	33
2.2.	Cuartos fríos.....	38
2.2.1.	Aislamientos	38
2.2.2.	Cimentación	40
2.2.3.	Paredes y techo	41
2.2.4.	Iluminación	44
2.2.5.	Preservación de los alimentos.....	45
3.	DISEÑO DE CUARTO FRÍO.....	49
3.1.	Cálculo de cargas	50
3.1.1.	Carga por transmisión de calor	51
3.1.2.	Carga por infiltración de aire	53
3.1.3.	Carga del producto.....	55
3.1.4.	Carga por calor de transpiración	56
3.1.5.	Carga suplementaria	57
3.1.5.1.	Iluminación eléctrica y resistencias	57
3.1.5.2.	Motores eléctricos	58
3.1.5.3.	Calor debido a personas	59

3.1.5.4.	Otras cargas	60
3.2.	Espesor del aislamiento.....	61
3.3.	Barrera de vapor.....	62
3.4.	Hoja de cálculo de refrigeración	62
3.5.	Selección de equipo	64
3.5.1.	Evaporador	65
3.5.2.	Condensador y compresor	66
3.5.3.	Válvula de expansión.....	67
3.5.4.	Diámetro de tubería	68
3.6.	Costos de ejecución y operación.....	69
4.	MANUAL DE INSTALACIÓN.....	71
4.1.	Planos y procedimientos.....	71
4.2.	Precauciones y normas de seguridad	73
4.3.	Equipo de seguridad para cuartos fríos	78
4.4.	Mantenimiento	81
4.4.1.	Mantenimiento predictivo y preventivo.....	82
4.4.2.	Mantenimiento correctivo.....	84
4.5.	Capacitación para los usuarios del cuarto frío didáctico.....	85
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES.....	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95
	APÉNDICE.....	99
	ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Logo de la institución.....	3
2.	Organigrama del ITUGS.....	8
3.	Instalaciones del ITUGS.....	9
4.	Módulo 12	11
5.	Vista satelital de la ubicación geográfica.....	13
6.	Distribución de equipo dentro del laboratorio	15
7.	Refrigeradores en el laboratorio del ITUGS	16
8.	Área para taller de aire acondicionado en el ITUGS	19
9.	Dispositivos de expansión.....	31
10.	Esquema VET	33
11.	Factor de resistencia para aislantes comunes	43
12.	Hoja de cálculo.....	63
13.	Características de un equipo de evaporación ideal.....	65
14.	Características de un equipo de condensación ideal	66
15.	Plano del cuarto frío	72
16.	Folleto informativo, página 1	86
17.	Folleto informativo, página 2	87
18.	Folleto informativo, página 3	88
19.	Folleto informativo, página 4	89

TABLAS

I.	Cálculo de la carga por transmisión de calor	52
II.	Cambios de aire promedio por 24 horas	54
III.	Factor de calor removido por infiltración (BTU / pie cúbico)	54
IV.	Calor disipado por motores eléctricos.....	58
V.	Calor disipado por persona.....	60
VI.	Espesor de aislamiento.....	61
VII.	Propiedades físicas del refrigerante R-134 ^a	67
VIII.	Datos para selección de tubería	68
IX.	Costos de estructura.....	69
X.	Costos de refrigeración.....	70
XI.	Cuadro de riesgos en procesos	73
XII.	Vestimenta para trabajo en cuartos fríos	78
XIII.	Equipo para cuartos fríos.....	79

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados, referente a una escala de temperatura
°F	Grados Fahrenheit, referente a una escala de temperatura
m	Metro
mm	Milímetro
'	Pie, unidad de longitud utilizada en el sistema inglés
pie ²	Unidad de área utilizada en el sistema inglés
%	Porcentaje
”	Pulgada
HP	Caballo de fuerza, unidad de potencia
W	Watt, unidad de medida de potencia del sistema internacional de unidades

GLOSARIO

Absorción	Acción de atraer y retener entre sus moléculas a otro en estado líquido o gaseoso.
Aislante	Cuerpo que es mal conductor del calor y la electricidad, puede referirse también a materiales que impiden el paso del calor, frío o ruido.
BTU	Siglas de unidad térmica británica, mide la cantidad de calor que se puede extraer de un ambiente.
Calor	Energía que se manifiesta por un aumento de temperatura y procede de la transformación de otras energías.
Conductividad	Propiedad natural de los cuerpos que permiten el paso del calor o la electricidad a través de sí mismos.
Convección	Es la forma en que se propaga el calor de los líquidos y gases en termodinámica.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de una sustancia.
Filtración	Acción que permite el paso de un fluido a través de un cuerpo sólido.

Lubricante

Sustancia grasa o aceitosa, que se aplica a piezas expuestas a rozamiento para que la fricción sea menor o más suave.

Troquet

Equipo de carga con una estructura metálica y ruedas que facilita la movilización de elementos pesados.

RESUMEN

El laboratorio de refrigeración y aire acondicionado del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS, no cuenta con un cuarto frío que pueda ser utilizado con fines didácticos en la formación de técnicos en esta área; por tal razón, se considera útil y conveniente proponer un diseño de cuarto frío que cumpla con tal fin.

En la formación de técnicos profesionales, que requieren conocimientos de refrigeración, un cuarto frío brinda la oportunidad de experimentar y realizar estudios científicos para comparar datos teóricos y prácticos respecto al diseño, instalación, operación y mantenimiento de este tipo de equipos.

El presente documento cuenta con cuatro capítulos; cada uno presenta información importante para la elaboración de la propuesta. En el primer capítulo, se exponen generalidades de la institución donde se necesita un cuarto frío, desde su estructura organizacional, hasta los equipos con los que cuentan. En el segundo capítulo se determinan los conceptos generales de lo que es la refrigeración y los elementos básicos más importantes de un cuarto frío.

En el tercer capítulo, ya se realizan los cálculos para el diseño del cuarto frío, tales como la carga por transmisión de calor, infiltración de aire, del producto, por calor de transpiración y la suplementaria; también, se establece el espesor correcto de aislamiento y con base en los cálculos se selecciona el equipo adecuado.

Finalmente, en el cuarto capítulo, se presentan los planos del diseño del cuarto frío y los procedimientos para la instalación, tomando en cuenta las precauciones y normas de seguridad. Complementariamente, se presentan algunas recomendaciones de uso y de mantenimiento, que son útiles al momento que se decida instalar dicho cuarto frío.

El diseño se presenta como una propuesta que, para ser instalado, debe ser aprobado por las autoridades del ITUGS, de la Facultad de Ingeniería, así como por la Universidad de San Carlos de Guatemala.

OBJETIVOS

General

Realizar la propuesta de diseño de cuarto frío en el laboratorio de refrigeración y aire acondicionado del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS.

Específicos

1. Definir tipos de refrigeración y cuartos fríos.
2. Diseñar un cuarto frío de refrigeración.
3. Calcular los materiales a utilizar en la construcción del cuarto frío.
4. Seleccionar el equipo adecuado para el correcto funcionamiento del cuarto frío.
5. Analizar los costos de construcción del proyecto.
6. Realizar un manual de instalación de los equipos a utilizar en la ejecución del proyecto.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS, es capacitar personas en diferentes carreras técnicas utilizando diferentes herramientas científicas, académicas y mecánicas para que el técnico egresado sea capaz de solucionar problemas relacionados con su especialidad; utilizan las técnicas adquiridas en esta institución.

Con el fin de complementar los conocimientos técnicos, que los estudiantes pueden adquirir en el laboratorio de refrigeración y aire acondicionado del ITUGS, se propone realizar el diseño de un cuarto frío, operable con fines didácticos, que puede ser instalado dentro del establecimiento.

Un cuarto frío es el lugar indicado para el almacenamiento de alimentos, bebidas, frutas, verduras, productos cárnicos, químicos, farmacéuticos, entre otros, que para su conservación es necesario el control de las temperaturas en ciertos rangos de operación que pueden dividirse en refrigeración, conservación y congelación.

Son muchas las variables a considerar al momento de diseñar un cuarto frío y calcular las dimensiones del equipo de refrigeración; entre estas variables se tienen las características del producto a mantener en su interior, el calor específico, carga por transmisión de calor, infiltración de aire, calor de evolución y las cargas suplementarias.

En el cálculo de las variables que se consideran en el diseño, se pueden obtener valores en los cuales se hace necesario aplicar un factor de seguridad para garantizar el buen funcionamiento del cuarto frío, siempre que estos valores no afecten económicamente la ejecución del proyecto, tanto en su construcción como en su funcionamiento.

Al elaborar el diseño, se establece la capacidad de los equipos de refrigeración que se deben instalar, las dimensiones del cuarto a construir, los materiales a utilizar, así como algunas recomendaciones operativas y de mantenimiento para prolongar la vida útil del cuarto frío al momento de ser instalado.

1. GENERALIDADES DEL ITUGS

El Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS, es una institución educativa fundada en Guatemala con el objetivo de brindar la oportunidad de adquirir conocimientos a nivel técnico en las áreas de procesos de manufactura, metal mecánica, electrónica, refrigeración, aire acondicionado, producción alimentaria y mecánica automotriz. Cada una de las áreas cuenta con laboratorios equipados con lo básico para poner en práctica lo aprendido en las clases teóricas.

Toda la información del ITGUS, que se presenta a continuación, puede descargarse de la página www.usac.edu.gt, que se encuentra en un folleto que la Universidad de San Carlos de Guatemala ha colocado en su página para dar a conocer esta institución.

1.1. Reseña histórica

El Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur surge de la iniciativa del Gobierno de la República de Guatemala en el período de los años 2000 a 2004, que en conjunto con el apoyo del Gobierno de Taiwán y el Instituto Nacional de Electrificación, Inde, se logra la adquisición de una finca ubicada en el kilómetro 45 sobre la ruta antigua Palín, Escuintla. La construcción de las edificaciones y la compra de equipo de laboratorios, se obtuvo a través de un crédito blando gestionado por las autoridades competentes.

El terreno fue donado por el Inde, por medio del Acuerdo Gubernativo 528-2003 de fecha 7 de octubre de 2003. Mientras que el marco legal del

ITUGS se establece mediante Acuerdo Gubernativo 43-2003, nombrando a Fonapaz como agencia ejecutora de un préstamo proporcionado por el Gobierno de China-Taiwán, a través del Fondo Internacional de Cooperación y Desarrollo, ICDF, por sus siglas en inglés.

La creación del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITGUS se establece ante la necesidad de definir un nuevo modelo pedagógico en Guatemala, que permitiera instaurar una alternativa de educación superior, con base en un prototipo innovador distinto al tradicional; fue asignado en sus inicios al Ministerio de Educación, lo cual es evaluado y reasignado con el tiempo, según las demandas y disposiciones de los involucrados.

El gobierno de Guatemala, a través de Fonapaz, completa el estudio de factibilidad del proyecto, en el cual se identifica la problemática de la educación tecnológica en el país; propone y justifica la creación de un instituto con características tecnológicas que permita la superación integral de ciudadanos a través de la capacitación tecnológica a nivel universitario.

Ante las demandas educativas y administrativas, se acuerda el traslado del Instituto Tecnológico Guatemala Sur a la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el propósito de abrir una nueva vía de formación que permita a los estudiantes egresados del ITUGS integrarse a las actividades productivas más rápidamente.

El nombramiento de la comisión encargada de sistematizar y ejecutar el traslado de la infraestructura, bienes y equipo del ITUGS a la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como de realizar el análisis evaluación y diseño del currículo de estudios de las carreras que se debían impartir en dicha unidad

académica, fue dispuesto por el rector Carlos Estuardo Gálvez Barrios mediante acuerdos de Rectoría No. 0718 y No. 0936-2008.

Figura 1. **Logo de la institución**



Fuente: Usac. *Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS*. <http://itugs-usac.blogspot.com/>. Consulta: 4 de abril de 2017.

Esta institución se crea como una dependencia académica descentralizada de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según lo establecido en el Artículo 22 del Estatuto de dicha universidad, con patrimonio propio, correspondiéndole desarrollar la formación teórica, práctica y la educación profesional en las áreas tecnológicas. Las actividades de esta institución deben desarrollarse en el orden administrativo, docente y financiero en conformidad con las disposiciones universitarias correspondientes.

La actual administración de la Universidad de San Carlos de Guatemala, promueve la desconcentración y descentralización de la educación superior; como tal, constituye una prioridad institucional proponer su estructura organizativa. Sin embargo, su naturaleza tecnológica, apoya a las unidades académicas que la integran: la Facultad de Ingeniería, Facultad de Agronomía, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y CEMMA, en su servicio de

docencia, investigación y extensión. Debido a lo anterior, cada unidad académica debe encargarse de otorgar el grado académico de los estudios correspondientes a su unidad.

1.2. Objetivos, misión, visión

El ITUGS inicia sus operaciones administrativas a partir de abril de 2009; establece los siguientes objetivos:

- Objetivo general: aportar a la sociedad guatemalteca, desde una perspectiva de la persona humana, técnicos universitarios con una sólida e integrada formación profesional, que contribuyan al desarrollo del país desde el ámbito de la educación superior.
- Objetivos específicos: son objetivos específicos del ITUGS, la innovación en materia de docencia, desarrollo de investigación, formación técnica de alto rendimiento, entre otros.
 - Cooperación técnica
 - Establecer alianzas estratégicas y convenios de apoyo para fortalecer la tecnología.
 - Ampliar y fortalecer el alcance de convenios institucionales con organismos internacionales e instituciones de formación profesional.

- Docencia y cobertura
 - Apoyar a las unidades académicas que integran el Consejo Directivo del ITUGS, a realizar las prácticas o actividades necesarias para desarrollar su docencia.
 - Ampliar la cobertura institucional hacia nuevas áreas tecnológicas de impacto en la economía de la población guatemalteca.
- Formación académica
 - Estar a la vanguardia a nivel nacional y regional de la educación superior en el área tecnológica.
 - Formar técnicos y profesionales en las áreas de la electrónica, electromecánica, metalmecánica, mecánica automotriz, procesamiento de alimentos, informática, refrigeración y aire acondicionado industrial.
- Investigación
 - Investigar, estudiar y transmitir todos los aspectos concernientes a la ciencia y la tecnología.
 - Fomentar y desarrollar la investigación tecnológica y de otras ciencias y disciplinas afines, enfocados al ámbito nacional.

La misión de esta institución se enfoca en su rol educativo y cooperativo, planteado como sigue:

Es misión del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur formar técnicos de educación superior, de alto rendimiento y competitividad, integras y éticas, con una visión humanística cuyo trabajo permita incrementar los índices de productividad y eficiencia que provoquen un cambio socioeconómico positivo en Guatemala:

- Promover el acervo cultural de la comunidad guatemalteca, no obstante, su naturaleza tecnológica.
- Contribuir al desarrollo local y regional que respalde políticas públicas del Estado y de la Universidad de San Carlos de Guatemala como parte de la extensión universitaria.
- Mejorar la calidad de vida de la población principalmente en las áreas de reasentamiento, reinserción y áreas circunvecinas.
- Facilitar la reinserción económica de la población rural, mediante el desarrollo de actividades productivas y la generación de empleo e ingresos.
- Promover la investigación tecnológica y de otras ciencias y disciplinas afines enfocadas al estudio y solución de los problemas nacionales.
- Apoyar a las unidades académicas que la integran en su servicio de docencia, investigación y extensión. Son las unidades académicas las

encargadas de otorgar los grados académicos de los estudios correspondientes.

- Brindar asistencia técnica y tecnológica en todas las actividades económicas para contribuir a la competitividad y al desarrollo del país.

La visión del ITUGS busca destacarse en su rama; plantea lo siguiente:

En el año 2020, el Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur será la institución educativa de mayor desarrollo y reconocimiento en la región centroamericana por los técnicos profesionales que egresan en diferentes áreas del desarrollo industrial, agrícola y servicios; así como por su valor estratégico en el desarrollo social y económico de las diferentes comunidades, empresas y sector público, en el marco y el mandato de excelencia académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.3. Organización académica

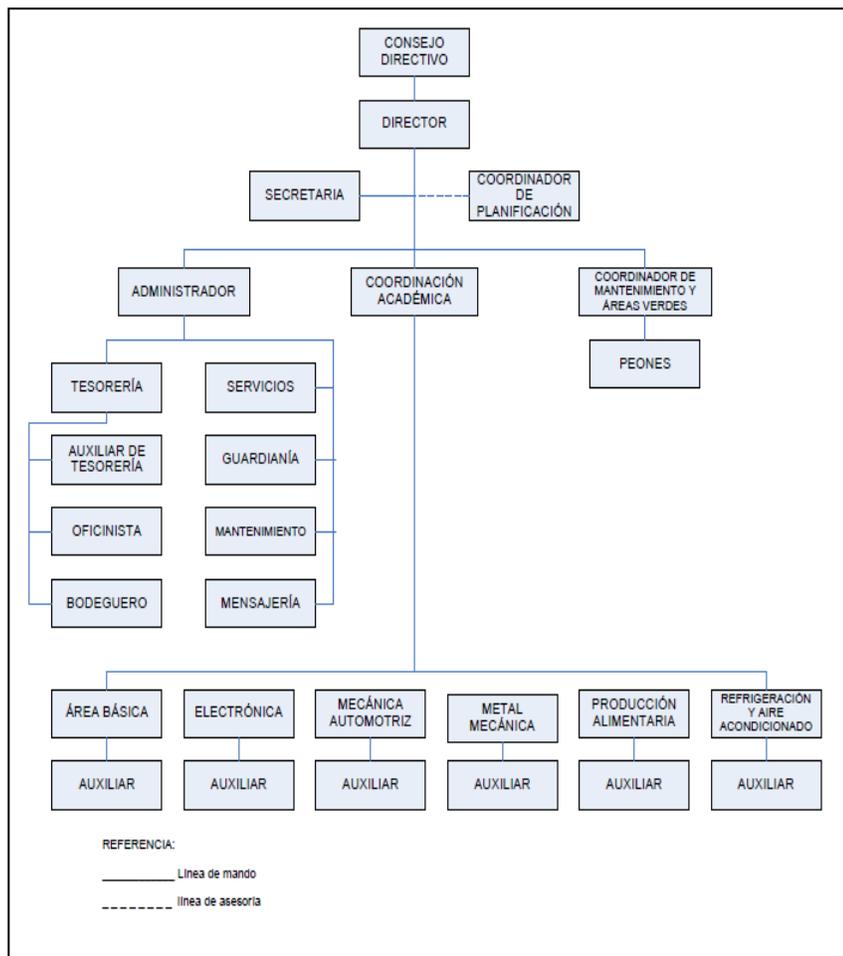
El Consejo Directivo es la máxima autoridad del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur y se integra por los decanos de las facultades de Agronomía, Ingeniería, Ciencias Químicas y Farmacia, Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, el Director General de Docencia y el Director del Instituto, este último con voz pero sin voto.

El director del instituto ejerce autoridad sobre el Consejo Académico, Planificación y el Coordinador Administrativo; dirige las actividades con su colaboración. Bajo el cargo del director, trabaja el personal administrativo, el encargado de bodega y la oficinista. El personal de servicios, mantenimiento, limpieza, seguridad y funcionamiento, dependen directamente del

administrador. Los profesores y auxiliares del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS trabajan bajo la autoridad de la coordinadora académica.

En la siguiente figura se presenta el organigrama del ITUGS, donde se representa su jerarquía, así como su estructura administrativa y pedagógica.

Figura 2. **Organigrama del ITUGS**



Fuente: ITUGS. *Catálogo*. <https://www.usac.edu.gt/catalogo/itugs.pdf>. Consulta: 4 de abril de 2017.

1.4. Planta física

La planta física tiene una capacidad instalada de atención para 720 alumnos, distribuidos en las diferentes carreras. Cuenta con seis edificios que, debido a la topografía del lugar, se han distribuidos en plataformas particulares para cada uno de ellos. La urbanización se construye con calles de asfalto, taludes revestidos, pozo mecánico con bomba sumergible, sistema de cloración y tanque de almacenamiento de agua potable. Además de zanjones perimetrales para el manejo de aguas pluviales.

Figura 3. Instalaciones del ITUGS



Fuente: Tecnológico Usac. *Acto cívico por la independencia de Guatemala*.
<http://tecnologicousac.edu.gt/acto-civico-por-la-independencia-de-guatemala/>.

Consulta: 4 de abril de 2017.

El primer edificio se identifica como módulo 5, es de dos niveles, con servicios sanitarios en cada nivel. En la planta baja se ubican algunos laboratorios de la carrera de electrónica, tales como: telecomunicaciones, protocolo de redes, TPC/IP y computación; también, cuenta con cuatro salones de clase y una bodega. En la planta alta se ubican tres salones de clase, una

sala de reuniones para catedráticos, oficinas de administración y dirección, coordinaciones, control académico y tesorería.

El módulo 6, también, es de dos niveles; se ubican el primer nivel los sanitarios para hombres y mujeres con duchas de emergencia y los laboratorios de producción alimentaria: microbiología, biología y química. En el segundo nivel se ubican laboratorios varios como AutoCAD, física, dibujo técnico, además de sus respectivos servicios sanitarios.

El módulo 7, es construido para albergar los laboratorios de la carrera de electrónica, los cuales son: microcomputadoras, PCB, circuitos digitales, circuitos electrónicos, control de sensores, instalaciones eléctricas, máquinas eléctricas. Además, cuenta con un almacén y sus respectivos servicios sanitarios.

El módulo 8 se compone de dos alas, distribuido para albergar el laboratorio de procesos de manufactura y de metal mecánica. Además del equipo, cuenta con varios ambientes de bodegas para uniformes, materiales, entre otros, y servicios sanitarios para hombres y mujeres con duchas de emergencia.

El módulo 10 cuenta con equipo para realizar los laboratorios de aire acondicionado y refrigeración, cuenta con dos aulas, dos oficinas, ambientes para almacenamiento de herramientas, ducha de emergencia y servicios sanitarios para hombres y mujeres.

El módulo 12 está dividido por tres ambientes; alberga los talleres para realizar las prácticas de laboratorio de la carrera de mecánica automotriz; y al

igual que los demás edificios, cuenta con oficina, bodega, ducha de emergencia y servicios sanitarios para hombres y mujeres.

Figura 4. **Módulo 12**



Fuente: Facebook. Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS.

<https://www.facebook.com/InstitutoTecnologicoUniversitarioGuatemalaSur/photos/a.354600761291806.84139.346995785385637/354600867958462/?type=3&theater>. Consulta: 4 de abril 2017.

Cuenta además con un área específica para cafetería, amplio parqueo y una garita de control para el ingreso de los visitantes, estudiantes y catedráticos.

1.5. Carreras

De acuerdo a sus competencias, el ITUGS ofrece las siguientes carreras a nivel técnico:

- Técnico universitario en procesos de manufactura: recibe una formación integral sobre la programación y operación de maquinaria CNC, como en la fabricación y rectificación de elementos mecánicos dentro del área de mantenimiento industrial de las empresas de la industria metalúrgica.
- Técnico universitario en metal mecánica: capacidad dentro de las diferentes áreas industriales: soldadura industrial, estructuras metálicas, troquelado en lámina y en todo lo relacionado al corte, forma y unión de los metales.
- Técnico universitario en electrónica: recibe una formación integral sobre el estudio de la electrónica análoga, electrónica digital, programación y robótica, adicional a los diferentes tipos de transductores y dispositivos para controlar los diferentes tipos de motores.
- Técnico universitario en mecánica automotriz: administra programas y rutinas de diagnóstico y mantenimiento automotriz, con capacidad de reparar sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos en vehículos automotores, con conciencia social y orientado a la protección del medio ambiente.
- Técnico universitario en producción alimentaria: recibe formación en planificación, ejecución y control de programas de procesamiento de alimentos a nivel industrial y como micro empresarios.
- Técnico universitario en refrigeración y aire acondicionado: adquiere conocimientos profesionales en el área de diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas industriales de ventilación, climatización y enfriamiento.

1.6. Ubicación geográfica

Las instalaciones del Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur ITUGS, se encuentran ubicadas en el kilómetro 45 carretera antigua Palín, Escuintla en un área accesible desde la carretera.

Figura 5. Vista satelital de la ubicación geográfica



Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps.

Las imágenes que se presentan en la figura anterior, son vistas satelitales que muestran la distribución de las instalaciones del ITUGS y el panorama de sus alrededores.

1.7. Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado

En este laboratorio, se realizan las prácticas que los estudiantes del técnico en refrigeración necesitan para llevar a cabo la comprensión práctica de la teoría vista en los distintos cursos teóricos del área. Entre los cursos que se

complementan con el aprendizaje práctico en estos laboratorios son: tecnología de los materiales, termodinámica, refrigeración 1 y 2, procesos de soldadura, aire acondicionado, mantenimiento de equipos de refrigeración y neumática; los cuales, en conjunto, sirven para que el estudio de gráficas, manuales y componentes de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, sean comprendido de mejor manera.

1.7.1. Equipo existente

Actualmente, las instalaciones del laboratorio cuentan con equipos didácticos y simuladores, que, a su vez, funcionan como si fuesen máquinas reales con la capacidad de satisfacer las necesidades de confort, refrigeración o congelación; proporciona la información básica necesaria para la comprensión del funcionamiento de los distintos equipos que pueden encontrarse en el área industrial.

Figura 6. **Distribución de equipo dentro del laboratorio**



Fuente: Facebook. *Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS.*

[https://www.facebook.com/InstitutoTecnologicoUniversitarioGuatemalaSur/photos/a.](https://www.facebook.com/InstitutoTecnologicoUniversitarioGuatemalaSur/photos/a.354600761291806.84139.346995785385637/354600867958462/?type=3&theater)

354600761291806.84139.346995785385637/354600867958462/?type=3&theater. Consulta: 4 de abril de 2017.

Entre estos equipos se tienen refrigeradores domésticos, máquinas para hacer helado, bomba de calor, cámara de congelado, equipos de aire acondicionado, chiller, banco de compresores, extractores de aire, recuperadores de refrigerante, oasis y deshumificadores, equipo de soldadura; todos se describen a continuación.

1.7.2. Refrigeradores

Se encuentran en el laboratorio, por ser uno de los electrodomésticos más comunes en el mundo; por consiguiente, es muy importante conocer respecto a su estructura, funcionamiento y mantenimiento del mismo.

Figura 7. **Refrigeradores en el laboratorio del ITUGS**



Fuente: Facebook. *Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS.*
[https://www.facebook.com/InstitutoTecnologicoUniversitarioGuatemalaSur/photos/a.352290644856151.83352.346995785385637/352291911522691/?type=3&theater.](https://www.facebook.com/InstitutoTecnologicoUniversitarioGuatemalaSur/photos/a.352290644856151.83352.346995785385637/352291911522691/?type=3&theater)

Consulta: 4 de abril de 2017.

Un refrigerador estándar cuenta con una cámara superior de congelación y una cámara inferior de refrigeración que puede trabajar hasta una temperatura de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Entre los elementos principales de este equipo se pueden mencionar el compresor, el evaporador, el condensador, las conexiones eléctricas y aislamientos internos y externos.

La actualización de estos equipos, generalmente, no afectan mucho el diseño interno de funcionamiento; más bien se concentra en materiales externos, formas modernas o algunas funciones extras como almacenamiento y enfriamiento de agua o espacios internos para carnes o verduras, entre otros.

1.7.3. Máquinas para hacer helado

Este tipo de máquinas se utilizan para la fabricación de helados, en grandes y pequeños volúmenes de producción, requiriendo de técnicos con la capacidad de brindarle mantenimiento preventivo y correctivo.

Tiene un evaporador de forma cilíndrica cuya función es enfriar la mezcla que forma el helado, manteniéndolo en movimiento constante para evitar la formación de cristales de hielo. Tiene las mismas partes que una refrigeradora, pero distribuidas de una forma distinta para cumplir con su función.

1.7.4. Bomba de calor

Este dispositivo posee la capacidad de trabajar como un enfriador de aire o un calefactor, lo cual resulta bastante interesante desde el punto de vista didáctico, ya que para realizar dicha actividad cuenta con una válvula inversora de ciclo, que por lo regular es de cuatro vías, lo cual convierte el evaporador en condensador y viceversa.

La bomba de calor también posee un ventilador interno, que es el encargado de distribuir el aire caliente o frío para que de esta manera, pueda funcionar como calefactor y como máquina frigorífica dependiendo de las necesidades del lugar donde se ubique.

1.7.5. Cámara de congelado y de temperatura media

En cuanto a funcionamiento y finalidad, este equipo es muy similar a un refrigerador; la principal diferencia entre ambos es que la cámara posee una

dimensión mayor a la de un refrigerador, por lo que es más comúnmente utilizado en el área comercial e industrial.

Posee un ventilador para distribuir el aire frío y absorber la energía en forma de convección; por lo general, está diseñado con una puerta de vidrio para que se pueda observar el contenido en su interior.

La temperatura puede ser ajustada dependiendo el uso que se le vaya a dar, es decir, puede utilizarse como congelador para carnes o elementos que deban ser congelados; o puede utilizarse como enfriador para verduras, pasteles u otros elementos que solo deban mantenerse a cierta temperatura. El diseño de la cámara no permite mantener elementos congelados y refrigerados en la misma estructura, se debe seleccionar una de las dos funciones para ajustarla a las condiciones de temperatura deseadas.

El conocimiento de la estructura y funcionamiento de estas máquinas permite trabajar independientemente en el área comercial e industrial ofreciendo servicios de mantenimiento preventivo y correctivo, o incluso en la fabricación de dichas máquinas.

1.7.6. Equipos de aire acondicionado tipo ventana y mini Split

Estos equipos son utilizados para el acondicionamiento del aire en oficinas, bibliotecas o domicilios en los cuales se necesita mantener una temperatura confortable para las personas que se encuentren en su interior.

Hay diferentes tipos de aire acondicionado, los cuales pueden ser ubicados en los techos, paredes o ventanas según su tamaño y disposición; además, pueden ser horizontales o verticales. En algunos tipos de

presentaciones el evaporador se encuentra dentro del área donde se encuentran las personas y el condensador en el exterior.

Figura 8. **Área para taller de aire acondicionado en el ITUGS**



Fuente: Facebook. *Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur, ITUGS*.
<https://www.facebook.com/InstitutoTecnologicoUniversitarioGuatemalaSur/photos/a.352290644856151.83352.346995785385637/352291071522775/?type=3&theater>.

Consulta: 4 de abril de 2017.

En la figura anterior, se muestra el área para el taller de aire acondicionado con los equipos que se han instalado dentro del laboratorio con fines educativos, en los cuales se puede estudiar su estructura, funcionamiento y mantenimiento.

1.7.7. Chiller enfriado por agua y enfriado por aire

Estos son muy utilizados en la industria guatemalteca, son similares a la bomba de calor; sin embargo, el funcionamiento de este sistema consiste en enfriar un líquido, que regularmente es agua, para acondicionar grandes instalaciones como hoteles, cines, oficinas, centros comerciales, entre otros.

Cuentan con un evaporador y condensador de grandes proporciones, el agua circula en el interior del evaporador y serpentín de intercambio de energía; es bombeada de forma mecánica por medio de tuberías resistentes a la alta presión. El agua puede utilizarse para calentar o enfriar duchas y piscinas.

Un chiller enfriado por agua cuenta con una torre de enfriamiento para bajar la temperatura del agua que circula dentro del evaporador y de esta forma absorbe la energía calorífica del condensador. El agua se dirige a la unidad manejadora y pasa por medio de unos serpentines en los cuales los ventiladores están pasando aire por ellos para disminuir su humedad, acondicionando los ambientes deseados. Debido a su robustez, torre de enfriamiento y tuberías, estos se instalan en sótanos o plantas bajas.

Un chiller enfriado por aire, aunque el funcionamiento es similar al anterior, se diferencia ya que este sistema no necesita una torre de enfriamiento para bajar la temperatura del agua; utiliza ventiladores eléctricos, que en conjunto, logran hacer el trabajo de la torre de enfriamiento que ahorra tuberías y consumo de agua. Regularmente, estos equipos suelen instalarse en terrazas de edificios por su tamaño pequeño, en comparación a un chiller enfriado por agua.

1.7.8. Banco de compresores

En un banco de trabajo se pueden encontrar los tres tipos de compresores para refrigeración y aire acondicionado doméstico, comercial y automotriz; algunos se encuentran seccionados para contemplar las partes internas y comprender el funcionamiento de cada uno, ya que la aplicación es distinta según el trabajo a realizar y el equipo que se ha de trabajar.

El compresor hermético es utilizado en la mayoría de refrigeradores o neveras domésticas; el compresor semihermético, cuenta con válvulas de servicio y partes accesibles en caso de realizar algún tipo de mantenimiento frecuente; por último, se tiene el compresor abierto, utilizado en aplicaciones industriales, regularmente en las que se utiliza amoniaco como fluido refrigerante y el mantenimiento es muy accesible, debido a que no forma parte del circuito de refrigeración al ser acondicionado por un acople.

1.7.9. Refrigeradores didácticos y extractores de aire

Estos equipos cuentan con un tablero electrónico para que sea posible realizar distintas conexiones y configuraciones que permiten estudiar más fácilmente el funcionamiento y composición interno de los refrigeradores y extractores de aire.

Gracias al tablero electrónico, es posible modificar su funcionamiento, el tiempo de duración de ciclos, la temperatura interna, así como el encendido y apagado del compresor; en dicho tablero, se cuenta con unos diagramas electrónicos para conocer los dispositivos que integran los circuitos eléctricos que exige de esta manera conocimientos de electricidad y electrónica.

Los extractores de aire son máquinas electromecánicas que, como su nombre lo indica, sirven para la extracción de aire caliente de fábricas, oficinas, bodegas y otros ambientes; disipan el calor que se genera en su interior. Estos cuentan con un motor eléctrico que impulsa una faja, que hace girar una turbina, para extraer el aire caliente del ambiente sobre el que está instalado; en la mayoría de casos, se encuentra instalado en la parte superior de las paredes o en los techos.

1.7.10. Recuperadores de refrigerante

Es importante su estudio, puesto que este equipo sirve para recuperar el refrigerante que se queda en la tubería del sistema de refrigeración; evita que el compresor y el evaporador carezcan de circulación del mismo, por lo que se puede mantener la eficiencia en un valor que permita consumir menos energía eléctrica, así como preservar el ciclo de refrigeración en la temperatura de diseño.

Tomando en cuenta que en la industria guatemalteca se trabaja con sistemas de refrigeración, que requieren de mantenimiento constante, es necesario conocer todos los equipos que contribuyen a mantenerlos en óptimas condiciones. Los recuperadores de refrigerante son comúnmente utilizados en la industria para el mantenimiento de equipos de refrigeración; es importante saber cómo utilizarlos.

1.7.11. Oasis y deshumificadores

Los oasis son máquinas muy utilizadas en diferentes áreas, comercios, residenciales, industrias, entre otros, ya que su función es calentar y enfriar agua potable para consumo humano procedente de un garrafón invertido que

se coloca en su parte superior. Utiliza una resistencia eléctrica interna para calentar el agua, mientras que para enfriarla, posee un evaporador en forma de serpentín. En ella no solo se estudia su composición interna y funcionamiento, sino que los fenómenos que ocurren en este.

Los deshumificadores tienen el trabajo de absorber la humedad del ambiente por medio de transferencia de energía para bajar su temperatura y refrescar el ambiente. También, es muy utilizado en áreas donde es importante controlar la humedad para preservar los elementos que se encuentran en este. Los laboratorios farmacéuticos, panificadoras y procesadoras de alimentos, entre otros, utilizan estos equipos en sus áreas de fabricación.

1.7.12. Soldadura al arco y oxiacetilénica

El conocimiento del uso y aplicación de la soldadura al arco es indispensable ya que muchos equipos se encuentran instalados con estructuras metálicas y varias piezas del sistema de refrigeración sin importar la configuración es necesario realizar reparaciones preventivas o correctivas tanto en metales como acero al carbono, acero inoxidable, hierro colado y aluminio. La soldadura oxiacetilénica es aplicable en la reparación de tuberías de refrigerante, uniones de tuberías, reparaciones de condensadores y evaporadores. Esta soldadura puede utilizarse con materiales de aporte: latón, plata, bronce, estaño, hierro fundido y otras aleaciones de baja temperatura de fusión.

2. CONCEPTOS GENERALES

Proponer un diseño de cuarto frío con fines educativos requiere tener un amplio conocimiento de lo que es la refrigeración y los elementos esenciales que conforman un cuarto frío en general. Es por ello que los conceptos necesarios para la comprensión del diseño son presentados y descritos a lo largo de este capítulo.

2.1. Refrigeración

Es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio y de esta manera lograr que los objetos en dicho espacio alcancen una temperatura adecuada para confort, conservación, preservación o almacenamiento.

El proceso de refrigeración se logra disminuyendo la temperatura de un espacio mediante transferencia de energía, absorción de calor y deshumificación del aire; estos procesos termodinámicos utilizan un sistema de refrigeración que varía en sus dimensiones y configuración según la aplicación para la cual se haya diseñado.

Actualmente, la refrigeración es el método utilizado para la conservación de alimentos, bebidas, fármacos y otros; las características del sistema que se utilice dependerá del tipo de productos a refrigerar; del mismo modo, los refrigerantes que se deben utilizar varían según las temperaturas que se deseen alcanzar.

2.1.1. Componentes de un sistema de refrigeración

Los elementos que integran un sistema frigorífico pueden ser mecánicos, térmicos, electromecánicos y electrotérmicos; cada uno tiene una función específica para lograr el desempeño de dicho sistema, dependiendo de la aplicación y configuración para lo cual se haya diseñado. En otras palabras, las características de cada uno de los elementos que integran el sistema varían conforme al uso que se le asigne; no es lo mismo un sistema de refrigeración para productos farmacéuticos que para productos lácteos, por ejemplo, ya que aunque los componentes son los mismos, su capacidad puede variar.

2.1.1.1. Compresor

Es un dispositivo electromecánico que funciona por medio de un motor eléctrico o una transmisión de potencia como una faja o un eje rígido. Hace circular el refrigerante y eleva la presión del mismo calentándolo como si fuese una bomba en el circuito de refrigeración; esta es la razón por lo que es considerado como el corazón del sistema frigorífico, responsable de hacer circular el refrigerante dentro de la tubería hacia el condensador para bajar la temperatura del refrigerante cuando así lo necesite.

Un dato importante, es que al compresor únicamente debe ingresar vapor de refrigerante, ya que a lo largo de la carrera de succión, se genera un vacío que provoca la apertura de la lengüeta de succión que se comporta como una válvula de admisión de refrigerante, para luego ser cerrada ante la presión ejercida por el mismo pistón en la carrera de compresión en la cual se comprime el vapor de refrigerante en su interior; de esta forma se abre la válvula de alta presión que deja pasar el vapor del refrigerante a alta presión hacia el condensador del sistema.

El compresor está integrado por un pistón, que se acciona por medio de un cigüeñal impulsado por una faja, eje o motor eléctrico, lo cual depende del tipo de compresor que se tenga; también, consta de dos lengüetas: una es la que da ingreso al vapor de refrigerante y la otra es la de alta presión que permite la salida del refrigerante a alta presión y temperatura hacia el condensador. Los principales tipos de compresores de refrigeración son los alternativos, de tornillo, de desplazamiento y centrífugo, descritos a continuación:

- Compresor alternativo: también es llamado reciprocante y de desplazamiento positivo, funciona por medio de un pistón que es desplazado por un cigüeñal, accionado por poleas, fajas o motor eléctrico.
- Compresor de tornillo: por lo regular son de desplazamiento positivo y suelen elevar la presión a valores más altos que los compresores alternativos, son muy eficientes y más usados en aplicaciones industriales debido a que pueden diseñarse en grandes dimensiones, aunque por lo mismo, el costo de operación y mantenimiento son mayores.
- Compresor centrífugo: tiene menos componentes sometidos a fricción y es muy eficiente; sin embargo, no alcanzan una relación de compresión igual a los compresores alternativos, a no ser que se conecten varios en serie. Es común que trabajen por medio de un mecanismo de impulsión externa como un motor de combustión interna, motor eléctrico o turbina de vapor. En estos compresores, la diferencia de presión en la entrada y salida no son muy elevadas en comparación de los compresores de desplazamiento positivo.

Los compresores son utilizados en las aplicaciones de refrigeración, bombas de calor, aire acondicionado, en actividades como el procesamiento de alimentos, pistas de hielo, estadios y fabricación de productos delicados como los farmacéuticos.

2.1.1.2. Evaporador

Es el elemento donde se genera la transferencia de calor debido a la expansión del refrigerante en su interior bajando la presión y cambiando de fase líquida a vapor, además, absorbe el calor sensible alrededor del evaporador y el calor latente queda incorporado al refrigerante en estado de vapor. A causa de la brusca expansión del refrigerante, su temperatura se reduce originando el fenómeno de refrigeración en sí.

En conformidad con su principio de operación, los evaporadores se pueden dividir en los siguientes tipos:

- Evaporadores inundados: permanecen llenos de refrigerante líquido, el nivel se mantiene en su interior con la ayuda de una válvula flotante u otro control. El vapor que se genera es acumulado en la parte superior para ser extraída por un compresor.
- Evaporadores de expansión seca: estos son los que administran el refrigerante en pequeñas cantidades por medio de un dispositivo de expansión para vaporizar el líquido antes de que llegue al extremo del serpentín.

De acuerdo con las características de la superficie de intercambio de calor, los evaporadores se pueden dividir de la siguiente forma:

- Evaporadores de tubo liso: son construidos con tubos de acero cuando son utilizados en instalaciones de gran tamaño que trabajan con amoníaco como líquido refrigerante; también, son construidos con tubos de cobre cuando se trabaja en espacios más pequeños y con otros tipos de refrigerante. Estos evaporadores se construyen, por lo general, en zigzag plano y en espiras ovaladas.
- Evaporadores de placas: algunos se construyen con láminas planas de metal soldadas, dejando entre ellas un serpentín por donde circula el refrigerante. Es ampliamente utilizado en refrigeradores domésticos, debido a que puede limpiarse fácilmente y su fabricación es más económica que la mayoría.
- Evaporadores con tubos con aletas: utilizan serpentines de tubo liso en los que se instalan aletas o placas metálicas que sirven como superficies de absorción de calor, lo cual aumenta el área de contacto con el aire del espacio a refrigerar; como resultado una mejor eficiencia. Se debe cumplir una separación adecuada entre placas para evitar la obstrucción ocasionada por la acumulación de hielo.

2.1.1.3. Condensador

Instrumento que permite el intercambio de calor, por lo que su función principal es la de transmitir el calor que el refrigerante ha absorbido en el evaporador, hacia el agua o aire. Durante su operación, se distinguen tres zonas principales de trabajo dentro del condensador: zona de eliminación de sobrecalentamiento, zona de condensación y zona de subenfriamiento.

Conforme el método de enfriamiento a utilizar por cada condensador, estos pueden dividirse en tres tipos:

- Condensadores enfriados por aire: utilizan una corriente de aire para su enfriamiento que puede ser por convección natural o forzada; utiliza un ventilador para ello. En los condensadores de convección natural, su construcción es de mayor dimensión debido a la cantidad de aire que fluye por este; son utilizados en equipos de refrigeración de capacidad reducida como los refrigeradores domésticos. Mientras que los condensadores enfriados por aire forzado, utilizan uno o varios ventiladores para reducir la temperatura del refrigerante en su interior, para lo cual cuentan con unas aletas de acero o aluminio que logran una mejor transferencia de energía y eficiencia.
- Condensadores enfriados por agua: están constituidos por un cilindro de acero con tubería interna de acero. Es el tipo de mayor utilización en las instalaciones de mediana y gran capacidad independientemente del refrigerante con que se trabaje. Los vapores que provienen del compresor, entran por la parte superior y el refrigerante condensado se acumula en la parte inferior del condensador.
- Condensadores evaporativos: combina el enfriamiento con aire por convección forzada y la absorción de calor que posee el refrigerante. Este diseño reduce el consumo de agua y funciona de forma similar a una torre de enfriamiento; por medio de una bomba hace circular el agua que ha de ser irrigada sobre los tubos que llevan refrigerante en su interior. También, posee un ventilador para expulsar los vapores de agua que se generan en el interior.

2.1.1.4. Dispositivos de expansión

La función que deben cumplir estos dispositivos es la de regular el flujo del refrigerante que ha de ingresar al evaporador; debido a que en los sistemas, la carga de refrigerante varía constantemente, debe instalarse una válvula de expansión.

Figura 9. Dispositivos de expansión



Fuente: *Dispositivos de expansión.*

<http://refrigerationandairconditioning.danfoss.mx/products/valves/#/>.

Consulta: 7 de junio de 2017.

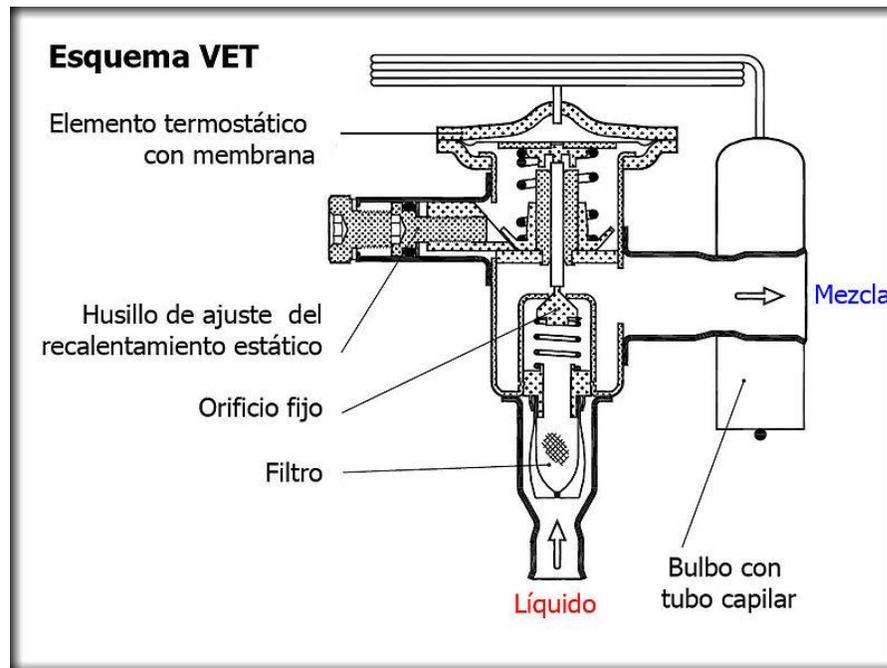
Estas válvulas de expansión se dividen en 5 tipos, principalmente:

- Manual: la regulación del refrigerante se da por medio de un tornillo. En este caso, el sobrecalentamiento no depende de la temperatura de evaporación del refrigerante en su estado gaseoso, sino que es fijo.

- Termostática: también es conocida como VET, para su funcionamiento necesita un bulbo sensor que regula el flujo del refrigerante a través del orificio de la válvula.
- Termostática con compensación de presión externa: es una derivación de la anterior que se utiliza para equipos medianos, grandes o que trabajen a alta presión y variación de carga térmica. También, se utiliza en sistemas donde el evaporador tiene varios circuitos.
- Electrónica o electromecánica: funciona mediante sensores de temperatura que envían la señal a un controlador electrónico que se encarga de regular el sobrecalentamiento en los valores permitidos y correspondientes.
- Automática: se encarga de mantener una presión constante en el evaporador inundado, alimenta una mayor o menor cantidad de flujo a la superficie del evaporador. En respuesta a los cambios de carga térmica que se tenga en el mismo, algunas veces cuenta con un flotador interno que regula la cantidad de refrigerante líquido que se encuentra en el evaporador.

Es importante mencionar, que el tubo capilar no es considerado como una válvula de expansión; sin embargo, integra los dispositivos de expansión de refrigerante ya que se utiliza en la mayoría de refrigeradores domésticos y sistemas de aire acondicionado. En la siguiente figura se muestra un esquema de la composición de una válvula de expansión termostática.

Figura 10. Esquema VET



Fuente: VET. https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Esquema_VET.jpg.

Consulta: 8 de junio de 2017.

2.1.2. Refrigerantes y lubricantes

El refrigerante es un químico, líquido o gaseoso, que tiene la capacidad de absorber o transmitir calor dentro de una máquina térmica por lo que es muy utilizado en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Algunos sistemas de refrigeración se basan en un sistema de compresión de líquido refrigerante.

A lo largo de los años, se han utilizado diversos tipos de refrigerantes: amoníaco, cloruro de metilo, dióxido de sulfuro, CFC, HCFC, R11, R13, R14, R22, HFC. Estos refrigerantes pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Refrigerantes sintéticos: químicos en estado gaseoso, estos gases son altamente tóxicos, como el amoníaco, el cloruro de metilo y dióxido de sulfuro.
- Clorofluorocarbonos: químico conformado por cloro, flúor y carbono, los cuales constituyen un daño potencial para la capa de ozono y el medio ambiente. Sin embargo, son estables químicamente, tienden a ser compatibles con la mayoría de los materiales lubricantes tradicionales, buenas propiedades termodinámicas, bajo nivel de toxicidad, no flamabilidad y un potencial muy bueno de eficiencia.
- Hidroclorofluorocarbonados: es un químico conformado por hidrógeno, cloro, flúor y carbón. Los HCFC son químicamente menos estables, pero tienden a tener buena compatibilidad con la mayoría de los materiales y lubricantes tradicionales.
- Hidrofluorocarbonados: químico conformado por hidrógeno, flúor y carbono que, dependiendo de la mezcla y el porcentaje de cada uno, tiene una amplia variedad de usos. Por lo general, los HFC son químicamente estables, compatibles con la mayoría de materiales, compatibles con lubricantes sintéticos, buenas propiedades termodinámicas, baja toxicidad, baja flamabilidad y ecológicamente aceptables.
- Refrigerantes naturales: entre estos están varios hidrocarburos y el dióxido de carbono, los cuales tienen un mínimo impacto ambiental y son considerados para el desarrollo de tecnología amigable con el medio ambiente.

- R717: es químicamente estable, reacciona en contacto con dióxido de carbono, agua o cobre, es compatible con el acero y el aceite correctamente seleccionado, excelentes propiedades termodinámicas y de transporte, altamente eficiente, alto grado de toxicidad, baja inflamabilidad, no tiene mayor impacto en la capa de ozono.
- Hidrocarburos: estos contienen carbono e hidrógeno, son ampliamente utilizados en diversas industrias, químicamente estables, excelentes propiedades termodinámicas y de transporte, alta inflamabilidad, sin impacto en la capa de ozono. Los más usados para propósitos de refrigeración son el isobutano, propano y propileno.
- Dióxido de carbono: compuesto por carbono y oxígeno, es ampliamente utilizado en industrias de refrigeración, almacenaje en frío y bombas de calor, entre otros. Es químicamente estable, no reacciona en la mayoría de las condiciones, es compatible con muchos materiales, opera a altas presiones, baja temperatura crítica, baja toxicidad y no inflamable.

Al elegir un refrigerante, es necesario tomar en cuenta la carga térmica, espacio a refrigerar, temperaturas, dimensiones, evaporador, condensador y compresor; esto debido a que cada uno posee distintas características, así como comportamientos específicos para una función determinada. Los refrigerantes deben tener capacidades físicas y químicas, tales como:

- Temperatura de congelación menor a cualquier temperatura del sistema, para evitar congelamiento en el evaporador.
- Calor latente de evaporación alto, para que una pequeña parte del líquido absorba una gran cantidad de calor.

- Volumen específico bajo, para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión.
- Densidad elevada, para utilizar las líneas de líquidos pequeñas.
- Baja conductividad eléctrica.
- La presión de condensación debe elevarse, para evitar fugas y reducir la temperatura de condensación.
- No deben ser inflamables, tóxicos ni corrosivos.

En cuanto a los aceites lubricantes de los sistemas de refrigeración, son los encargados de la lubricación de piezas dentro del sistema para facilitar su funcionamiento.

Estos deben contar con una alta conductividad térmica para refrigerar el trabajo del compresor, disminuir el ruido ocasionado por la actividad de las piezas mecánicas dentro del compresor, poseer propiedades dieléctricas para aislar la transferencia de electricidad dentro del sistema, no causar ninguna reacción química junto con el refrigerante ya que, por lo general, trabajan mezclados dentro del sistema, poseer una temperatura de congelación más baja que la del evaporador debido a que la mezcla pasa dentro de este.

Los aceites lubricantes deben cumplir con las propiedades térmicas y químicas que requieran los sistemas en los cuales sean utilizados, con base en las características de las piezas que lo conformen. Estos aceites pueden ser de origen mineral, derivados del petróleo y por medio de reacciones químicas,

siendo denominados aceites sintéticos dependiendo de sus compuestos químicos.

Los aceites minerales pueden dividirse en tres tipos: parafínicos, napeénicos y aromáticos. Los parafínicos no son empleados en sistemas de refrigeración debido a que forman ceras que pueden obstruir el evaporador. Los napeénicos son más utilizados ya que generan poca cantidad de ceras y poseen alta propiedad dieléctrica. Los aromáticos tampoco son utilizados por ser menos estables y más reactivos, lo cual reduce su viscosidad, debido a esto son utilizados en otras áreas industriales y en sistemas automotrices.

Los aceites sintéticos tienen la ventaja sobre los aceites minerales de estar formados por una mezcla que posee las mismas propiedades que lo hacen más estable en ciertas situaciones; la desventaja de estos es que algunos reaccionan químicamente con el refrigerante que causa daños al sistema donde se apliquen. Algunas ventajas de los aceites sintéticos son las siguientes:

- Totalmente libres de ceras
- Temperaturas más bajas de congelación
- Mayor estabilidad química y térmica
- Miscibilidad con los refrigerantes de nueva generación

Los aceites lubricantes sintéticos de la familia de los POE, es decir de base poliolester, son recomendados para el uso en sistemas de refrigeración debido a que son buenos aceites lubricantes, pero se deben tener presente algunas precauciones para su manejo y uso debido a que reaccionan con el agua del medio ambiente.

2.2. Cuartos fríos

Estos son lugares determinados para la manipulación de productos frescos y productos no elaborados. Un cuarto frío es uno de los lugares de recepción de mercancías para que posteriormente sean ordenados en los distintos refrigeradores según su procedencia, tiempo de almacenamiento promedio o clasificación.

En grandes industrias existen cuartos fríos de carne, pescados, verduras, pastelería, producción varia, etc.; todos estos son compartimientos cerrados y cuya temperatura puede variar dependiendo de los elementos que contengan.

2.2.1. Aislamientos

Debido a que el calor viaja de una región de alta temperatura a otra de menor temperatura, siempre debe existir un flujo de calor hacia la región refrigerada desde el medio que la rodea. Para limitar el flujo de calor a un valor mínimo, es necesario aislar la región refrigerada del ambiente, utilizando un cuerpo que sirva como aislamiento térmico.

En la construcción de cuartos fríos se evalúa la cantidad de BTU que transfiere a través de pie cuadrado por hora por cada unidad de diferencia de temperatura en grados centígrados o Fahrenheit.

Elegir correctamente el aislamiento térmico en la construcción de una cámara frigorífica es fundamental; se debe prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- Tipo de material aislante
- Espesor del panel
- Pérdidas de calor a través del panel
- Proceso constructivo del aislamiento térmico
- Densidades utilizadas
- Sistemas de unión en juntas

Existen equivalencias entre los diferentes materiales de aislamiento térmico que hacen notar que el panel sándwich de poliuretano constituye uno de los mejores aislamientos térmicos en relación a los que comúnmente se encuentran en el mercado ya que influye en la capacidad interior de la cámara frigorífica. Con el precio de los metros cuadrados de almacén que se requieran, este aspecto es importante a la hora de elegir el material para la instalación.

Algunos beneficios de trabajar con aislante de poliuretano son:

- Mayor durabilidad, debido a que evita la infiltración de agua y aire, es muy difícil de deteriorar por aplastamiento.
- Ligereza, lo que aporta al panel una facilidad logística y de instalación.
- El proceso de fabricación del panel de poliuretano inyectado les confiere una excelente adherencia a los pliegues exteriores, comparado con los procesos de pegado que emplean otros materiales aislantes
- Proporciona mayor durabilidad, inercia y la estabilidad a los paneles de este material.

2.2.2. Cimentación

Los cimientos de cualquier construcción que se realice, son de suma importancia por ser los que han de soportar la carga de la estructura y de los elementos que se instalen o transiten sobre este. La mayoría de las instalaciones de sistemas de enfriamiento son construidas en bloques de concreto con refuerzos perimetrales para soportar las cargas producidas por las paredes.

Para las instalaciones de un sistema de refrigeración, es necesario asegurar un buen drenaje en la estructura, por lo que es común construirlo sobre un lecho de gravas. Adicional, también se pueden construir drenajes interiores para facilitar la eliminación de agua producida por la condensación o los residuos del proceso de limpieza en el interior de las instalaciones según las necesidades que presenten.

Otro aspecto a considerar, es el tipo de piso que se ha de colocar, el cual debe ser adecuado al tráfico que ha de soportar y a las condiciones de humedad y temperatura al cual estará expuesto. Por lo general, los bloques de cimentación deben ser, como mínimo, de 4" de concreto reforzado con malla de alambre, así como un aislante de 2" de espuma plástica a prueba de agua en la superficie.

Es común restarle importancia al aislamiento del piso, sobre todo por el costo que esto representa; sin embargo, disminuye el riesgo de fugas y conserva la eficiencia en operación de los sistemas de refrigeración. Si un cuarto frío se emplea para largos períodos de tiempo en almacenamiento, es importante que el piso sea bien aislado con una lámina de espuma de 4 pulgadas.

Además, cualquier objeto de madera que entre en contacto con el piso de concreto, requiere ser tratado para evitar los daños que pueden ser causados debido a su largo período en contacto con agua. Durante la construcción, la interface entre la parte inferior de la lámina del piso y la cimentación debe ser sellada para evitar ascensos de agua.

2.2.3. Paredes y techo

Al realizar la instalación de un cuarto frío, aproximadamente la mitad de la capacidad de refrigeración es usada para extraer el calor que genera el piso, las paredes, el techo y las puertas; por ello es necesario conocer las características de cada elemento para manejar las pérdidas generadas por cada uno.

Un ejemplo de lo anterior, es que la resistencia total al flujo de calor en cualquier pared con aislantes, se reduce a la suma de las resistencias totales de los componentes individuales, que incluye hasta la resistencia de las capas de pintura. Esto demuestra la importancia de seleccionar la mejor combinación de materiales en la estructura para optimizar el funcionamiento e incluso reducir costos operativos.

La puerta que se seleccione para un cuarto frío, puede ser considerada como una de las partes más críticas ya que pueden ser las causantes de grandes pérdidas de energía.

Las puertas mal construidas o en malas condiciones son las principales causas de pérdidas de energía en los cuartos fríos; se considera que deben tener mucho más material aislante que las paredes; pueden agregar bandas plásticas para reducir la posible filtración de aire caliente a la estructura.

Hay que verificar que los seguros de las puertas tengan la capacidad de proveer un buen sellamiento al sistema, el cual puede ser revisado insertando una delgada tira de papel entre la puerta y el área sellada al cerrar la puerta; el sello es aceptable solo si se siente una resistencia fuerte al tratar de retirar la tira de prueba.

Son muchos los aspectos que se deben tomar en cuenta al diseñar un cuarto frío, por ejemplo, la altura del techo debe tener por lo menos 18 pulgadas más que la altura máxima de apilamiento de los elementos a almacenar. Del mismo modo, las dimensiones de las puertas se definen tomando en cuenta las dimensiones máximas de los elementos que han de transitar por ellas.

Por lo general, se instalan películas de 4 mm de polietileno en el lado interior del aislante ya que esta práctica previene la condensación en el aislante. La película puede aplicarse de forma continua desde el piso al techo y donde se tengan uniones de dos películas, debe realizarse un recubrimiento de doce pulgadas como mínimo, con lo cual se espera asegurar un sellamiento total en el cuarto frío.

En los casos en los que el techo esté expuesto directamente a la luz solar se presentan mayores temperaturas; es necesario instalar un mayor aislante en este y considerar que la diferencia de temperatura en el cálculo se incrementa en aproximadamente 10 °F. Para reducir considerablemente esta diferencia, se puede instalar un ventilador de techo, aunque esto pueda aumentar el costo y la energía necesaria para su operación.

Una medida de la resistencia que el aislante ofrece al movimiento de calor, se le denomina factor de resistencia o valor R, entre mayor sea este valor,

mayor será la resistencia y mejores serán las propiedades de este material como aislante.

En la tabla que se presenta a continuación, se dan a conocer los valores de R para los materiales más comunes empleados como aislantes, los cuales se deben analizar para seleccionar los que se adapten mejor a las necesidades del sistema a instalar.

Figura 11. **Factor de resistencia para aislantes comunes**

	<i>Valor de R</i>	<i>Ancho característico del material</i>
	Ancho: 1"	
Cubiertas rígidas		
Fibra de vidrio	3.50	
Aislantes de capa delgada		
Celulosa	3.50	
Fibra de vidrio o mineral	2.50-3.00	
Vermiculita	2.20	
Madera con pegantes	2.22	
Aislantes rígidos		
Poliestireno	5.00	
Tableros flexibles	4.55	
Poliestireno expandido		
Pequeñas piezas moldeadas	3.57	
Poliuretano	6.25	
Fibra de vidrio	4.00	
Polisociruanato	8.00	
Aislantes inyectados o espumas		
Formaldehído	4.20-5.50	
Materiales de construcción		
Concreto sólido	0.08	
Bloques de concreto (8")	1.11	
Bloques de ligeros concreto (8")	2.00	
Bloques de concreto con partes de Vermiculita	5.03	
Metal		<0.01
Tableros de madera (3/8")	1.25	0.47
Tableros de madera (1/2")	1.25	0.62

Fuente: *Factor de resistencia*. <https://es.slideshare.net/videodiesel/cuarto-frio-12099482>.

Consulta: 8 de junio de 2017.

2.2.4. Iluminación

Dependiendo del tipo de actividades productivas en las que un cuarto frío esté involucrado, la iluminación dentro del mismo, puede ser considerado un factor crítico, debido a que puede llegar a funcionar alrededor de 8 hasta 12 horas diarias; requiere un sistema de iluminación eficiente que emita el menor calor posible al interior y que consuma la cantidad mínima de electricidad.

Para la adecuada iluminación de un cuarto frío, se toma en cuenta las dimensiones del cuarto, el tipo y cantidad de bombillas a utilizar, la posibilidad de instalación de un sistema de activación por sensores de movimiento, el color de las paredes, el material de los elementos de almacenamiento y la distribución interna, entre otros aspectos.

En el caso de los bombillos, estos pierden su luminosidad inicial luego de cierta cantidad de horas hasta en un 10 % en condiciones óptimas. Dicha reducción puede incrementarse hasta en un 40 % debido a las condiciones de higiene. Esto quiere decir que, por ejemplo, un bombillo de 100 W después de 3 000 horas de uso con suciedad evidente, puede iluminar como una bombilla de 60 W; por lo que se recomienda limpiar las lámparas por lo menos cada 1 000 horas de uso o cada tres meses.

Independientemente de la necesidad de mantener condiciones de higiene óptima en las áreas de trabajo, también, la limpieza de paredes y techos influye en la iluminación dentro del cuarto frío debido a su reflectancia; es decir, la cantidad de luz reflejada por su superficie, de tal forma que si se quiere mantener buena iluminación dentro del cuarto frío se deben tomar en cuenta todos estos detalles.

2.2.5. Preservación de los alimentos

La preservación de alimentos puede definirse como el conjunto de acciones que permite prolongar la vida útil de aquellos, manteniendo, en el mayor grado posible, sus propiedades y atributos de calidad: color, textura, sabor, olor y sobre todo el valor nutritivo.

Al presentar la definición anterior, se involucra una amplia escala de tiempos de conservación, dependen de los métodos o tratamientos de conservación que se apliquen. Estos van desde períodos cortos, dados por métodos domésticos de cocción y almacenaje en frío hasta períodos muy prolongados, dados por procesos industriales estrictamente controlados como las conservas con preservantes, alimentos congelados o deshidratados.

Por lo general, los alimentos son susceptibles a ser alterados en mayor o menor espacio de tiempo, debido a la acción de microorganismos que alteran su composición, que causan contaminación o reacciones enzimáticas del alimento en sí que producen su descomposición.

La alteración y el deterioro de los alimentos, ha dado lugar a la investigación de nuevas tecnologías, métodos y materiales que tengan la capacidad de retardar su descomposición, conservarlos el mayor tiempo posible y asegurar su disponibilidad. Aunque algunos de los métodos son naturales y de bajo costo, otros son químicos y de alto costo; la determinación del método a emplear para la conservación de los alimentos, se basa en el tipo de producción, el período de venta estándar, el tiempo de consumo máximo, el tiempo de distribución, el tipo de alimento, la cantidad de alimento a conservar, entre otros.

Se han desarrollado técnicas de conservación como salazones, fermentaciones, encurtidos, deshidratados, dando paso a otros sistemas cada vez más sofisticados como las conservas, congelados, alimentos empacados al vacío, esterilizados, irradiación, entre otros.

La necesidad de conservar los alimentos por más tiempo, ya sea a nivel industrial, comercial o residencial, ha dado lugar a la necesidad de instalar sistemas de refrigeración, como los cuartos fríos.

El frío hace que las bacterias y hongos crezcan más despacio e incluso, en el caso de la congelación, se puede lograr detener su crecimiento casi por completo. Esta es una de las razones por las cuales la refrigeración y la congelación son de las técnicas de conservación de alimentos más utilizadas en los tres niveles.

Aunque la refrigeración puede ser un método de conservación de alimentos eficiente, al trabajar con cuartos fríos, también es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Capacidad de enfriamiento: el tipo y la cantidad de alimentos a almacenar en un cuarto frío requieren que el cuarto frío tenga la capacidad para ajustar la temperatura en un rango adecuado.
- Elementos de almacenamiento: los estantes, *pallets*, estanterías y cualquier elemento que se utilice dentro del cuarto frío para el almacenamiento de productos, deben ser de materiales que tengan la capacidad de soportar las condiciones de humedad y temperatura a las cuales estarán expuestos.

- **Empaques:** aunque el cuarto frío puede conservar las propiedades de los alimentos por más tiempo, es necesario que el material de sus empaques y la técnica de empaque sean adecuados al tipo de producto que contenga.
- **Limpieza:** mantener la inocuidad de los alimentos es muy importante, por lo que las condiciones de limpieza de los cuartos fríos que se utilicen para almacenar alimentos, deben ser impecables. Hay que establecer el tiempo de limpieza, su periodicidad y los materiales de limpieza adecuados.
- **Buenas prácticas de almacenamiento:** el manipular adecuadamente los alimentos dentro de un cuarto frío, es muy importante para asegurar su integridad, por lo que se debe capacitar al personal para que tenga especial cuidado al realizar esta tarea.

Cada empresa puede establecer las políticas de almacenamiento que considere adecuadas según los productos que maneje; sin embargo, para la preservación de los alimentos se deben cuidar las buenas prácticas de manufactura en todo su procesamiento, desde que se adquiere la materia prima hasta que se empaca para su distribución final. Incluso en algunos casos, la distribución de estos debe hacerse en transportes refrigerados para no romper la cadena de frío. La cadena de frío le garantiza al consumidor que el producto que consumirá se ha mantenido dentro de un rango de temperatura adecuado durante su producción, transporte, almacenamiento y venta.

3. DISEÑO DE CUARTO FRÍO

Un cuarto frío puede diseñarse de acuerdo al uso que se le piense dar, las necesidades de almacenamiento de quien lo solicita, el espacio físico que se tenga para la instalación y las posibilidades económicas para invertir en ello. Es por esto que, para realizar el diseño, primero hay que definir estos aspectos:

- Uso: el cuarto frío se pretende utilizar para fines didácticos con características de uso alimenticio, es decir, aunque las horas de uso han de ser ocasionales para complementar el taller de refrigeración; en el diseño se toma en cuenta las características técnicas que debe tener un cuarto frío para almacenar alimentos en general.
- Necesidades de almacenamiento: se requiere que el cuarto tenga espacio básico para el almacenamiento de alimentos, que permita el ingreso de carros de carga manual o troquet, ya que ocasionalmente se pretende hacer demostraciones de funcionamiento con carga.
- Espacio físico para instalación: de acuerdo a las dimensiones del edificio destinado para el taller de refrigeración, se tiene un espacio disponible de 2,5 m de frente (8,2 pies) por 3,5 m de fondo (11,5 pies) y hasta 3 m de altura (9,8 pies). El diseño debe considerar fácil acceso al sistema de refrigeración en sí.
- Posibilidades económicas: debido a que la instalación del cuarto frío debe ser financiado por el instituto, el diseño debe proporcionar un costo

real de todos sus componentes para que sea presentado ante la junta y que esta apruebe el presupuesto.

Con la definición de los puntos anteriores, ya se procede con los aspectos técnicos del diseño, tales como el cálculo de cargas, las condiciones del aislamiento, la selección del equipo y la estimación de costos para la ejecución y operación del cuarto frío que se diseñe.

Por tratarse de un cuarto frío didáctico se van a suprimir ciertos cálculos para el diseño, como la cimentación y los drenajes. Se estimaron algunos valores que cumplen con las funciones necesarias como la potencia de equipos y otras limitantes en función del proyecto.

3.1. Cálculo de cargas

La carga de refrigeración puede describirse como la sumatoria de todas las cargas que pueden originarse dentro del sistema. Para realizar una estimación de la carga de refrigeración, como mínimo debe tomarse en cuenta la carga por transmisión de calor, por infiltración, por calor de transpiración, la del producto y la de elementos suplementarios.

En cuanto a los cálculos, se trabaja con las dimensionales utilizadas en la guía de estudios para cuartos fríos elaborada por Luis Asturias para la Universidad de San Carlos de Guatemala, debido a que la propuesta se diseña con fines didácticos. De acuerdo a la capacidad física de la cual se dispone para la instalación del cuarto frío y las condiciones ambientales del lugar donde se ha de instalar, los cálculos se realizan de acuerdo a los siguientes datos:

- Dimensiones exteriores del cuarto frío
 - Ancho: 2,40 m; 7,87 pie
 - Largo: 3,20 m; 10,50 pie
 - Alto: 2,75 m; 9,02 pie

- Temperatura ambiente: 95 °F / 60 % HR
- Temperatura sobre el techo: 115 °F
- Temperatura de diseño: 35 °F
- Temperatura de piso 55 °F
- Aislamiento
 - Material: poliestireno
 - Espesor pared: 4"
 - Coeficiente de película K: 0,26 (adimensional)

Con estos datos, se procede a realizar el cálculo de cada una de las cargas que constituyen la carga de refrigeración del cuarto frío que se diseña.

3.1.1. Carga por transmisión de calor

Esta es la primera carga que se considera, en la cual se calcula la ganancia de calor a través de la estructura del cuarto frío, según la fórmula básica de transmisión de calor a través de una barrera que es:

$$Q = U * A * DT$$

En donde Q es la transmisión de calor (BTU/h); U es el coeficiente total de transmisión de calor (BTU/h-pie²-°F); A es el área en pies cuadrados y DT es la

diferencia de temperatura entre los dos lados de la barrera de calor (°F). Entonces, primero se calcula el coeficiente total de transmisión de calor, tomando en cuenta el espesor de la pared y su resistencia; después, se calcula el área del cuarto, considerando las dos paredes frontales y las dos paredes laterales en pie²; por último, el diferencial de temperatura ambiente con la del diseño en °F. Estos cálculos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla I. **Cálculo de la carga por transmisión de calor**

Concepto	Cálculo
Coeficiente total de transmisión de calor	$U_{techo} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{4}{0,26} + \frac{1}{1,65}} = 0,062 \text{ BTU/h/pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$
	$U_{piso} = \frac{1}{4,8} = 0,208 \text{ BTU/h/pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$
Área pared frontal y posterior	$A_{pf} = 7,87 \times 9,02 \times 2 = 141,97 \text{ pie}^2$
Área paredes laterales	$A_{pl} = 10,5 \times 9,02 \times 2 = 189,42 \text{ pie}^2$
Diferencial de temperaturas	$DT_{pared} = 95 - 35 = 60 \text{ }^\circ\text{F}$ $DT_{techo} = 115 - 35 = 80 \text{ }^\circ\text{F}$ $DT_{piso} = 55 - 35 = 20 \text{ }^\circ\text{F}$
Transmisión de calor en pared	$Q = (141,97 * 0,062 * 60) + (189,42 * 0,062 * 60)$ $Q_{pared} = (528,13) + (704,64) = 1\ 232,77 \text{ BTU}$
Transmisión de calor en techo	$Q = (82,63 * 0,062 * 80)$ $Q_{techo} = 409,87 \text{ BTU}$
Transmisión de calor en piso	$Q = (82,63 * 0,208 * 20)$ $Q_{piso} = 343,76 \text{ BTU}$
Transmisión de calor total	$Q_{TOTAL} = 1\ 232,77 + 409,87 + 343,76$ $= 1\ 986,40 \text{ BTU}$

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los cálculos de la tabla anterior, se tiene una ganancia de calor de 1 986,40 BTU a través de la estructura del cuarto frío a diseñar.

3.1.2. Carga por infiltración de aire

En un cuarto frío que se utilice para almacenamiento es normal que, al retirar o ingresar producto, se filtre cierta cantidad de aire a diferente temperatura de la que está contenida en el espacio refrigerado. Esto implica que la temperatura y la humedad del aire ingresado deban ser ajustadas, incrementando la carga de refrigeración; además, se puede generar exceso de humedad, la cual se condensa y el calor latente de la condensación también produce un aumento en la carga de refrigeración.

Es difícil calcular con exactitud la carga por infiltración de aire, puesto que son varios los factores que pueden influir en ella. Sin embargo, para realizar una estimación de esta carga, se utilizan dos tablas con datos que permiten cuantificarla.

La tabla II contiene los cambios de aire que se producen por apertura de puertas e infiltración de aire, promediadas por cada 24 horas, para cámaras de almacenamiento, con base en su volumen y la temperatura de diseño. Mientras que la tabla III, proporciona un factor de calor removido por infiltración que toma como base la temperatura exterior y la humedad relativa. Tomando en cuenta lo anterior, se procede a calcular el volumen interno del cuarto frío, con las siguientes medidas:

- Ancho: 7,55 pies
- Largo: 10,17 pies
- Alto: 8,70 pies

$$\text{Volumen total} = 7,55 * 10,17 * 8,70 = 668,02 \text{ pie}^3$$

Tabla II. **Cambios de aire promedio por 24 horas**

Volumen Pies cúbicos	Cambios de aire / 24 horas	
	Sobre 32 °F	Debajo 32 °F
200	44,0	33,5
300	34,5	26,2
400	29,5	22,5
500	28,0	20,0
600	23,0	18,0
800	20,0	15,3

Fuente: ASTURIAS, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 10.

Como el volumen total es de 668,02 pie², entonces, se interpola entre 600 y 800 para obtener un total de 21,97 cambios; es decir, aproximadamente 22 cambios de aire en 24 horas. La tabla anterior es solo una sección de la tabla que se encuentra en la fuente mencionada.

Tabla III. **Factor de calor removido por infiltración (BTU / pie cúbico)**

Temp °f	Temperatura de aire exterior, °f							
	85		90		95		100	
	% humedad relativa							
	50	60	50	60	50	60	50	60
65	0,45	0,64	0,68	0,91	0,93	1,20	1,21	1,51
60	0,66	0,85	0,89	1,12	1,14	1,41	1,42	1,71
55	0,85	1,04	1,08	1,33	1,33	1,60	1,61	1,91
50	1,03	1,22	1,26	1,51	1,51	1,78	1,79	2,09
45	1,19	1,39	1,43	1,66	1,66	1,94	1,95	2,25
40	1,35	1,55	1,59	1,83	1,83	2,10	2,11	2,41
35	1,50	1,70	1,74	1,99	1,99	2,25	2,26	2,56

Fuente: ASTURIAS, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 10.

Con una temperatura de aire exterior de 95 °F, humedad relativa de 60 % y una temperatura interna de 35 °F, de acuerdo a la tabla presentada

anteriormente, se tiene un factor de calor removido por infiltración de 2,25 BTU/pie cúbico. Con estos datos se procede a calcular la carga de la siguiente forma:

$$Q = \text{Volumen} * \text{Cambios de aire} * \text{Calor removido}$$
$$Q = 668,02 \text{ pie}^3 * 22 * 2,25 \text{ BTU/pie}^3 = 33\ 066,99 \text{ BTU/24 h}$$

Para el cuarto frío, se tiene una carga por infiltración de aire de 33 066,99 BTU por 24 horas de funcionamiento continuo.

3.1.3. Carga del producto

Esta carga se refiere a la cantidad de calor que hay que extraerle al producto, para nivelar su temperatura con la del interior del cuarto frío. Puede variar dependiendo del tipo de producto a almacenar, el procesamiento al que ha sido sometido antes de su almacenamiento, el volumen de los productos y en el caso de estar empacados; también, influyen las características del tipo de material que se utilice para el empaque.

En el cuarto frío almacenaremos 150 libras de verduras mixtas, para lo cual es necesario realizar el cálculo de la carga del producto. Para estimar esta carga, se toma como base las tablas que se presentan en el anexo referente a las características de productos alimenticios, donde se integra la temperatura promedio de congelación, el porcentaje de agua que poseen, el calor específico arriba y abajo del punto de congelación, el calor latente de fusión y el calor de evolución.

En el cálculo se necesita saber cuántas libras de producto ingresan, la temperatura a la que entra y la que se espera que tengan; suponiendo una

carga de 150 libras de verduras mixtas, que según la guía de estudios para cuartos fríos, tiene un calor específico de 0,90 BTU/lb y que ingresa a 50 °F, se aplica la siguiente fórmula:

$$Q = \text{Peso } (W) * \text{Calor específico } (Ce) * \text{Diferencial de temperatura } (Dt)$$

$$Q = 150 \text{ lb} * 0,90 \text{ BTU/lb} * (50 \text{ }^\circ\text{F} - 35 \text{ }^\circ\text{F}) = 2\ 025 \text{ BTU/24 h}$$

Por tanto, la carga de calor en veinticuatro horas es de 2 025 BTU, en caso se almacenan las 150 libras de verduras mixtas.

3.1.4. Carga por calor de transpiración

Por lo general, esta carga se aplica cuando se ha de almacenar frutas y verduras, puesto que una gran variedad de estas, siguen siendo organismos vivientes aún después de ser cosechadas. Es por esto que las frutas y verduras transpiran produciendo calor, lo cual produce un aumento en la carga de refrigeración.

En el almacenamiento de carnes y pescados, como estos productos no transpiran, es innecesario realizar el cálculo de la carga por calor de transpiración ya que es evidente que no generan calor alguno; por lo tanto, no altera el ambiente interno del cuarto frío. En el diseño del cuarto frío que se propone para el ITUGS, tampoco se considera necesario realizar este cálculo, ya que no se pretende mantener producto almacenado. Si se quisiera estimar la carga, se puede utilizar la tabla con las características de productos alimenticios que se coloca como parte del anexo.

3.1.5. Carga suplementaria

Esta es una carga que toma en consideración factores, adicionales a los antes mencionados, que pueden generar calor en el sistema de refrigeración: la iluminación eléctrica dentro del cuarto frío, las resistencias, motores eléctricos e incluso las personas que ingresan o que, dependiendo de las operaciones del lugar donde se instale, personas o equipos que se mantienen durante períodos de tiempo específicos dentro del área. Cada uno de estos se contempla y describen a continuación.

3.1.5.1. Iluminación eléctrica y resistencias

En este aspecto se incluye toda la energía eléctrica disipada directamente en el espacio refrigerado que incluye las luces y resistencias que se instalen, las cuales se convierten en calor.

Aunque si se pretende la instalación eléctrica básica para iluminación, que incluye dos lámparas led con protección para espacios húmedos, no se considera necesario realizar el cálculo puesto que la carga que puede generarse es mínima, no solo por el calor que emite el tipo de lámpara a utilizar, sino porque el período de tiempo en el que éstas estarían encendidas también sería muy reducido.

Al seleccionar el sistema eléctrico, se debe cuidar que todos sus elementos sean adecuados para cuartos fríos; los principales aspectos a considerar están:

- El sistema eléctrico estará expuesto a la humedad y temperaturas bajas, por lo que debe estar protegido.

- Se debe procurar que el costo operativo del sistema eléctrico no sea muy elevado.
- Para no alterar el ambiente del cuarto frío el sistema debe producir el mínimo de calor.
- La visibilidad debe ser adecuada para la manipulación de los productos dentro del cuarto frío.

3.1.5.2. Motores eléctricos

La carga suplementaria generada por motores eléctricos, pueden tener su origen en las pérdidas que se producen en un motor debido a fricción o ineficiencia. La energía eléctrica que se convierte en energía mecánica se transforma en energía calorífica, lo cual puede tener un impacto en la carga de refrigeración del sistema.

Tabla IV. **Calor disipado por motores eléctricos**

Hp del motor	Motor y ventilador dentro del espacio refrigerado
1/8 a 1/2	4 250
1/2 a 3	3 700
3 a 20	2 950

Fuente: ASTURIAS, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 11.

En la tabla anterior, se muestra la relación entre la potencia del motor que se utilice en el sistema y el calor disipado por los mismos dentro del espacio refrigerado.

Se propone utilizar un motor de 0,5 HP; por lo que, para calcular la ganancia de calor, debido al motor utilizado en el cuarto frío, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Q = HP \text{ del motor} * \text{Calor disipado (BTU/h)} * \text{horas totales}$$

$$Q = (0,5 * 4\ 250 * 24) = 51\ 000 \text{ BTU/24 horas}$$

Suponiendo que el motor es de 0,5 HP, se tendría una ganancia de calor de 51 000 BTU cada 24 horas, si se mantuviera trabajando continuamente el motor.

3.1.5.3. Calor debido a personas

Los cuartos fríos son utilizados por lo general para almacenar producto, pero también se utilizan para llevar a cabo ciertos procesos productivos.

Lo anterior implica que se debe considerar la cantidad de personas que se tenga pensado que entrarán al cuarto frío, el rango de tiempo en el que se han de mantener dentro del espacio refrigerado y el tipo de actividad que se ha de llevar a cabo dentro del mismo.

El cuarto frío que se diseña, no pretende mantener personas dentro del espacio refrigerado, por lo que no se considera necesario realizar el cálculo de la carga que genera. Sin embargo, en la tabla anterior se muestra la relación que puede utilizarse para realizar el cálculo, de ser necesario.

Tabla V. **Calor disipado por persona**

Temperatura de la cámara °F	Calor disipado por persona BTU / hora
50	720
40	840
30	950
20	1 050
10	1 200
0	1 300
-10	1 400

Fuente: ASTURIAS, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 11.

3.1.5.4. Otras cargas

De acuerdo con el sistema de refrigeración que se desea instalar, no hay otras cargas que deban ser consideradas en el diseño que se está presentando para el ITUGS.

Dependiendo de las características técnicas y operativas que posea un cuarto frío, hay algunos casos en los que se debe considerar el calor que genera la ventilación del motor cuando existe aire forzado que circula por su uso, el calor por cada unidad de control de humedad que se ubiquen en el interior de cuarto frío, así como el calor que pueden generar las resistencias de derretimiento que se instalen para mantener dispositivos sin escarcha dependiendo la temperatura interna que se deba manejar.

También, es importante mencionar que algunas veces estas cargas se obvian, puesto que no todas ellas se aplican al mismo tiempo ni por tiempos continuos prolongados.

3.2. Espesor del aislamiento

Es común que en la práctica no se realice el cálculo del espesor del aislamiento, más bien se acostumbra hacer una selección de acuerdo a tablas estándar preparadas en función de las temperaturas en operación, tal como la que se presenta a continuación.

Tabla VI. **Espesor de aislamiento**

Temperatura de operación °C	Espesores								
	2"	3"	4"	5"	6"	8"	9"	10"	12"
15									
10									
5									
0									
-5									
-10									
-15									
-20									
-25									
-30									

Fuente: ASTURIAS, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 13.

Por ejemplo, si la temperatura de operación deseada del cuarto frío es de 0 °C, entonces, el espesor de aislamiento debe ser de 4 pulgadas, con base en la tabla anterior.

3.3. Barrera de vapor

Esta es una membrana impermeable que por lo general se instala en la cara más caliente del aislamiento, lo que evita el paso de vapor de agua que está contenido en el aire interior del aislamiento.

Es importante contar con esta barrera, debido a que, al darse la penetración del vapor de agua, el aislamiento tiende a perder eficiencia de tal forma que cuando se opera el cuarto frío de forma permanente a temperaturas bajas, se forma hielo que al acumularse puede llegar a destruir el aislamiento. La barrera de vapor no se considera en el diseño, debido a que el uso del cuarto frío es didáctico y su operación no es permanente; es innecesario colocarlo.

3.4. Hoja de cálculo de refrigeración

Esta es una herramienta que permite realizar las estimaciones requeridas para calcular la carga de refrigeración que se utiliza como base en la selección de los equipos necesarios para su aplicación.

A continuación, se presenta un ejemplo que puede ser utilizado por los estudiantes del ITUGS durante el taller de refrigeración, para el cálculo de cargas, quedando a discreción de la institución su uso.

Figura 12. Hoja de cálculo

HOJA DE CÁLCULO		
<i>Estimación de la carga de refrigeración</i>		
DIMENSIONES DEL CUARTO		
Ancho:	Largo:	Altura:
CONDICIONES DE AMBIENTE		
Temperatura ambiente:	Humedad relativa:	
Temperatura sobre techo:	Temperatura interior:	
AISLAMIENTOS		
Techo:		
Paredes:		
Piso:		
PRODUCTO		
Tipo de producto:		
Cantidad:	Temperatura promedio:	
CONDICIONES ADICIONALES		
Motores:	Hrs de trabajo:	
Iluminación:	Hrs de trabajo:	
No de personas:		
Horas de trabajo continuo:		
CARGAS		
Por transmisión:	Fórmula: $Q = A * U * DT$	
Paredes:	Techo:	Piso:
Por infiltración:	Fórmula: $Q = V * Fv * FTHR$	
Volumen:	Fv:	FTHR:
Por producto:	Fórmula: $Q = W * Cte * DT$	
Suplementaria:		
Q iluminación:	Q motor:	Q personas:
Q= carga	DT= diferencial de temperatura	
A= área	Fv= factor de volumen	
V= volumen	FTHR= factor temperatura y humedad relativa	
W= peso de producto	U= coeficiente de transmisión de calor	
	Cte= constante por tipo de producto	

Fuente: elaboración propia.

En la hoja de cálculo se incluye una sección para colocar las dimensiones físicas del cuarto que permiten calcular área y volumen; la segunda sección contiene las condiciones de ambiente reales e ideales con las que trabaja el cuarto frío; la tercera sección es para estipular las características del aislamiento en cuanto a materiales, dimensiones y constantes a aplicar; la cuarta sección tiene las características del producto a almacenar en el cuarto frío; en la quinta sección algunas condiciones adicionales a considerar para el cálculo de cargas; en la sexta sección se establecen las cargas a calcular y las fórmulas que pueden utilizarse para el cálculo; por último, en la séptima sección se presenta el significado de algunas abreviaciones utilizadas.

Básicamente, en la hoja, se resume la información con la que se determina la carga de refrigeración del cuarto frío y una metodología para el cálculo; el cual se complementa con tablas y constantes previamente establecidas.

3.5. Selección de equipo

El equipo mínimo que requiere un cuarto frío para operar está compuesto por un compresor, evaporador, condensador, válvula de expansión y tuberías. Cada uno de estos elementos posee características específicas, que en conjunto, contribuyen a que el cuarto frío funcione correctamente.

Para la selección del equipo, se debe tomar en cuenta que el volumen del cuarto frío es de 668,02 pie³, se tiene una carga por transmisión de calor total de 1 986,40 BTU, así como una carga por infiltración y suplementaria que suman 86 092 BTU por cada 24 horas de funcionamiento.

3.5.1. Evaporador

De acuerdo a la estimación de las cargas de refrigeración que se generan en el cuarto frío, se tiene una carga total de $Q = 88\,078,40$ BTU/24 horas. Para el ITUGS se va a estimar un total de 8 horas de trabajo según sus propias especificaciones por lo que se debe calcular la carga de trabajo. La capacidad del evaporador se determina dividiendo la carga total entre las ocho horas de trabajo y sumándole, a este resultado, el factor de seguridad que equivale al 20 % de la carga de trabajo. El cálculo se realiza así:

$$\text{Evaporador: } \left(\frac{88\,078,40}{8} \right) + \left(0,2 * \left(\frac{88\,078,40}{8} \right) \right) = 13\,211,76 \text{ BTU}$$

Con este resultado se solicita el equipo que alcance esta capacidad a temperatura media, en un rango de temperatura entre 41 °F a -4 °F.

Figura 13. Características de un equipo de evaporación ideal

Modelos ADT

Estos modelos sólo miden 35 cm. de altura, siendo ideal para cámaras de refrigeración con techos bajos, entre otras características, este modelo incorpora motores electrónicos ebmpapst como estándar con protección térmica interna, cable para válvula solenoide, ventiladores balanceados y separados individualmente por secciones, válvula pivote para la medición de la presión de succión, cableado eléctrico a prueba de humedad hecho desde la fábrica, estructura inoxidable, protectores circulares de difusión de aire para el ventilador que facilitan la limpieza y reducen el nivel de estática, así como una atractiva cubierta de aluminio granulado.

Los modelos ADT incluyen el recubrimiento anticorrosivo en el Serpentin Bohn Gold como estándar. El serpentín es de tubos con ranurado interior cross hatch para alta eficiencia en la transferencia de calor. Cuentan con paneles laterales desmontables de acceso frontal a las conexiones eléctricas y de refrigeración. Con aprobaciones de UL de Estados Unidos y del Canadá.



Fuente: BOHN. *Catálogo de productos*. p. 6.

En la figura anterior se muestra un equipo marca BOHN, que dependiendo de las condiciones deseadas puede elegirse el modelo ADT 130 y se puede consultar las especificaciones técnicas del equipo en el catálogo.

3.5.2. Condensador y compresor

Con base en el volumen, la carga de refrigeración que se estima generar y para obtener las condiciones ambientales idóneas dentro del cuarto frío, se selecciona un condensador y compresor calculando los caballos de fuerza que se requieren, los cuales oscilan entre 1,5 HP y 2,00 HP. Se considera que esta potencia es suficiente para cumplir las expectativas del cuarto frío didáctico. En la siguiente figura se muestra un equipo de condensación que puede cumplir con las condiciones de refrigeración deseadas.

Figura 14. Características de un equipo de condensación ideal

Modelos CH

Estas unidades condensadoras cuentan con un compresor hermético y con un condensador sobredimensionado de alta eficiencia para ambientes de 43.3°C y superior. Los modelos CH cuentan con recubrimiento Bohn Gold en su condensador como estándar.

Entre otras características se tienen las siguientes:

- Motores del Ventilador de alta eficiencia tipo PSC.
- Serpentín del condensador tipo cross hatch para mayor capacidad calorífica.

Guarda ventilador.

- Versión básica.
- Aplicaciones de Alta/Media y Baja temperatura.
- Refrigerantes R-404A/507 y R-22.

Con aprobaciones de UL de Estados Unidos y del Canadá.



Fuente: BOHN. *Catálogo de productos*. p. 25.

Para el sistema se recomienda utilizar refrigerante R-134A que es el que reemplaza al R-12 por su impacto ecológico. Se caracteriza por tener gran estabilidad térmica y química, baja toxicidad, no es inflamable, excelente compatibilidad con la mayoría de materiales y es miscible con aceites poliésteres por lo que es necesario utilizarlo con este tipo de aceites.

Tabla VII. **Propiedades físicas del refrigerante R-134^a**

Propiedades	Unidad	R-134^a
Temperatura de ebullición (burbuja) a 1,013 bar	°C	-26,4
Temperatura de congelación	°C	-103
Densidad del líquido a 25 °C	Kg/dm ³	5,28
Densidad del vapor saturado a 1,013 bar	Kg/m ³	5,28
Temperatura crítica	°C	101
Presión crítica	bar	40,7
Calor latente de vaporización a 1,013 bar	kJ/kg	215,9
Clasificación seguridad Ashrae	-	A1/A1

Fuente: *Propiedades del refrigerante*. <https://stag.es/wp-content/pdf/fichas%20tecnicas%20refrigerantes/ficha%20tecnica%20r-134a.pdf>. Consulta: 15 de enero de 2018.

3.5.3. Válvula de expansión

La selección de la válvula de expansión se hace con base en las toneladas de refrigeración que se tendrá en el sistema. Para hacer el cálculo basta con una conversión, es decir, si una tonelada de refrigeración equivale a 12 000 BTU/hora, la carga de trabajo se debe dividir entre esta cantidad para obtener las toneladas de refrigeración del sistema; queda de la siguiente manera:

$$Válvula\ de\ expansión = 13\ 212\ BTU * \frac{1\ Ton\ Ref}{12\ 000\ BTU} = 1,10\ Ton\ Ref$$

En el sistema se trabaja con 1,10 toneladas de refrigeración y tomando en cuenta que la capacidad de la válvula debe ser igual o ligeramente superior al valor de tonelaje del sistema, entonces, la válvula que se seleccione debe tener una capacidad mínima de 1 tonelada de refrigeración y máximo de 1 ¼ para cubrir las necesidades del sistema.

3.5.4. Diámetro de tubería

El diámetro de la tubería a utilizar depende del equipo de refrigeración seleccionado, la distancia entre las unidades, la carga y el tipo de refrigerante a utilizar, datos con los que se determinan las especificaciones de la tubería. Con base en esto se tiene lo siguiente:

Tabla VIII. Datos para selección de tubería

Datos generales	Especificaciones de tubería
Refrigerante R 134 ^a	Carga de refrigerante: 120 g/m
Mediana temperatura	Tubería de cobre
Distancia de 5 a 10 metros entre unidades	Diámetro recomendado según distancia ½ pulgada
Potencia frigorífica de 1,1 Kw	Línea de aspiración del evaporador al compresor Rango de potencia frigorífica: 0,4 – 1,3 Kw

Fuente: *Datos de selección*. http://www.intarcon.com/pdfs/ES/Calculo_de_lineas_frigorificas.pdf.

Consulta: 18 de enero de 2018.

Como se va a trabajar con refrigerante R 134^a, a mediana temperatura, se utilizan tablas establecidas para calcular el diámetro. Finalmente, se utilizan 2 tubos de cobre de ½" y 16,4' de longitud para un total de 32,8 pies de largo.

3.6. Costos de ejecución y operación

Entre los costos de ejecución, se toma en cuenta la adquisición de todos los materiales para la construcción del cuarto frío, así como de las unidades de refrigeración. Algunas consideraciones para el cálculo de costos son:

- Impermeabilización del cuarto: como se tiene un cuarto construido de block, se puede impermeabilizar instalando paneles de poliuretano. Cada plancha mide 12 metros de largo por un metro de ancho, por lo que para recubrir paredes y techo se necesitarían 4 planchas.
- Unidades de refrigeración: se necesita un condensador, un evaporador, un compresor, una válvula de expansión, 10 metros de tubería de cobre de ½ pulgada y sus respectivas uniones.
- Ingreso: es mejor adquirir una puerta para conservar mejor la temperatura en el interior del cuarto frío, sin embargo, también pueden utilizarse flecos industriales para reducir costos.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, en la siguiente tabla, se presentan los costos del proyecto.

Tabla IX. Costos de estructura

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Panel impermeabilización	4	Q. 4 800,00	Q. 19 200,00
Espuma de poliuretano	1	Q. 800,00	Q. 800,00
Flecos industriales	1	Q. 650,00	Q. 650,00
			Q. 20 650,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Costos de refrigeración**

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Compresor	1	Q. 1 300,00	Q. 1 300,00
Condensador	1	Q. 6 500,00	Q. 6 500,00
Evaporador	1	Q. 7 000,00	Q. 7 000,00
Válvula de expansión	1	Q. 500,00	Q. 500,00
Tubería de cobre ½ "	2 tubos de 5 metros	Q. 675,00	Q. 1 350,00
Refrigerante	5 libras	Q. 45,00	Q. 225,00
			Q. 16 875,00

Fuente: elaboración propia.

Se puede instruir a los estudiantes para que lleven a cabo la instalación del cuarto frío, bajo la dirección del encargado del taller, lo que eliminaría el costo de mano de obra. Por lo que el costo total sería de Q.37 525,00.

4. MANUAL DE INSTALACIÓN

Complementario al diseño del cuarto frío que se propone en el capítulo anterior, se elaboran los planos con las dimensiones establecidas y los procedimientos esenciales para llevar a cabo la instalación en caso sean aprobados el diseño y presupuesto.

También, se establecen las precauciones, normas y equipo de seguridad específico que se deben tomar en cuenta al instalar y operar un cuarto frío. Así como las condiciones de mantenimiento que requiere este tipo de sistema de refrigeración.

En caso se instale el cuarto frío en el ITUGS, también, se presenta un programa de capacitación para los usuarios, que contribuya a su buen uso.

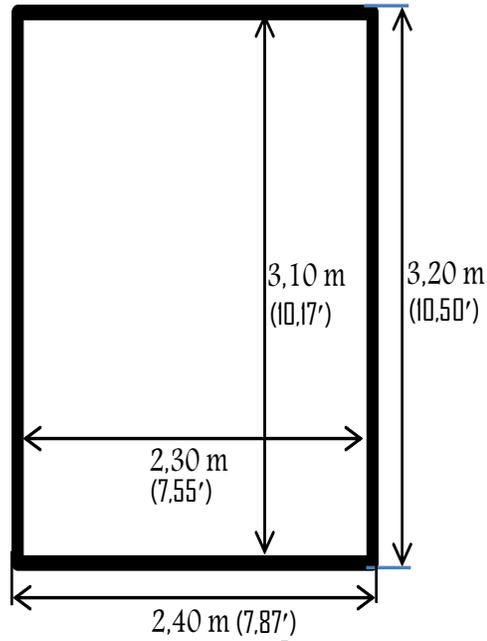
4.1. Planos y procedimientos

Para iniciar con la instalación del cuarto frío diseñado, primero se debe despejar y circular el área de trabajo y marcar el área perimetral. La construcción de paredes y fundición de techo debe realizarla personal calificado para esta tarea. La instalación, del aislamiento y el equipo de refrigeración, puede ser asignada a un grupo de estudiantes de la carrera técnica de refrigeración, lo cual reduciría los costos de instalación.

Para llevar a cabo lo descrito anteriormente, se puede utilizar como guía el plano que se presenta a continuación:

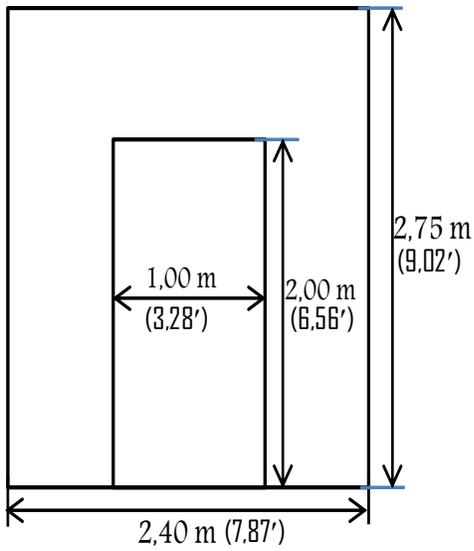
Figura 15. Plano del cuarto frío

PLANTA
Vista aérea

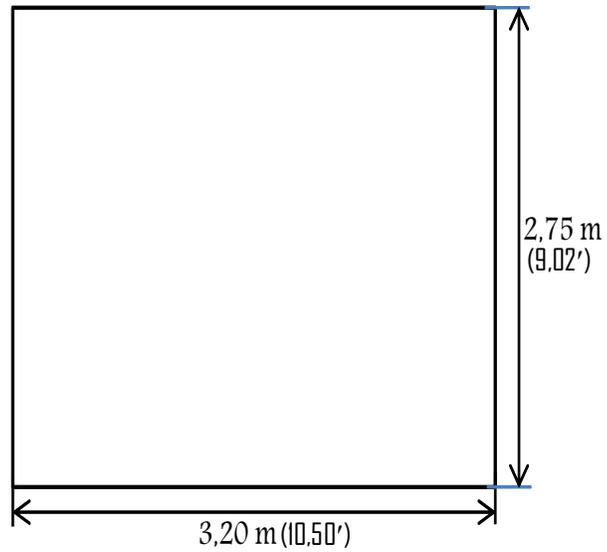


ELEVACIÓN

Vista frontal



Vista lateral



Fuente: elaboración propia.

4.2. Precauciones y normas de seguridad

Todas las personas que estén involucradas con la instalación y operación del cuarto frío, están expuestos a ciertos riesgos asociados a las actividades que han de realizar. Esto hace necesario realizar un análisis de todos los elementos y actividades que pueden representar un riesgo y determinar las precauciones que se deben tomar, las cuales se pueden constituir en normas de seguridad que deben ser aplicadas en general. El análisis de riesgo se realiza para el proceso de instalación y de operación, de la siguiente forma:

Tabla XI. **Cuadro de riesgos en procesos**

Proceso	Riesgo	Causa
Instalación	Físico (para el personal)	Condiciones inseguras: elementos con orillas cortantes, pisos resbalosos, materiales, equipos, piezas y herramientas dispersos en área de trabajo, cargas pesadas.
		Actos inseguros: correr dentro del área de trabajo, no usar el equipo de protección adecuado, mal manejo de cargas.
	Estructural (para área, equipo, máquinas)	Condiciones inseguras: varios equipos en el área de instalación, materiales pesados y delicados.
		Actos inseguros: descuido en la instalación correcta del equipo, uso inapropiado de las herramientas y máquinas a utilizar.
Operación	Físico (para el personal)	Condiciones inseguras: variación en la temperatura interna del cuarto, instalaciones eléctricas expuestas.
		Actos inseguros: manipulación no autorizada de los equipos en funcionamiento.
	Funcional (para la operación del sistema)	Condiciones inseguras: fugas, desgaste de pieza, deficiencia en instalación de equipo
		Actos inseguros: manipulación no autorizada de los equipos en funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los riesgos agrupados en la tabla anterior se determinan las siguientes precauciones para la instalación del cuarto frío:

- Instalación
 - Destinar un área exclusiva para ordenar y guardar todos los elementos que se utilizarán en la instalación, como materiales, herramientas, piezas y equipos.
 - Al manipular elementos con orillas cortantes, utilizar equipo de protección adecuado para todo el cuerpo, pero en especial para las manos, por ser las que tendrán mayor exposición.
 - Al realizar la instalación del cuarto frío, el piso puede ponerse resbaloso debido a los materiales que se han de utilizar, por ello es necesario señalizar el área de trabajo, utilizar zapatos antideslizantes y no correr en el área de trabajo.
 - Al instalar los equipos del cuarto frío, estos pueden ser pesados, siendo necesario el uso de equipo especial para carga, movilizar las cargas entre dos o más personas y utilizar protección dorso-lumbar adecuado.

- Operación
 - Al ingresar al cuarto frío, si este está en funcionamiento, es necesario que las personas utilicen vestimenta adecuada para temperaturas más bajas a la temperatura ambiente.
 - Al estudiar los componentes del cuarto frío, cuidar de no tener contacto directo con los equipos ni con las instalaciones eléctricas

sin el equipo de protección adecuado y bajo la supervisión del encargado del taller de refrigeración.

- Validar las condiciones físicas del cuarto frío y sus componentes, antes y después de ponerlo en funcionamiento.
- El estudio de los componentes puede hacerse únicamente bajo supervisión y autorización de la persona encargada de impartir el taller de refrigeración.

Cuando se tienen establecidos los riesgos y las precauciones para la instalación y operación de un cuarto frío, estos se constituyen en normas de seguridad que deben darse a conocer entre todas las personas que estén involucrados en estos procesos.

- Normas de seguridad en instalación
 - Todo el personal de instalación es responsable de no dejar materiales, piezas, herramientas o equipos en el piso u otros lugares que puedan dañar dichos elementos o causar accidentes, guardándolos ordenadamente en el lugar destinado para ello.
 - Antes de iniciar con la instalación, es necesario señalar el área de trabajo, circulando el espacio de acuerdo a las dimensiones establecidas y con letreros que indiquen que es un área en construcción.

- Definir las rutas de evacuación en caso de emergencia, así como las rutas de tránsito normal para que la instalación no obstaculice las actividades del taller de refrigeración.
- Todas las personas que asistan al taller de refrigeración y los que realicen la instalación del cuarto frío deben transitar con precaución por el área de instalación; no correr para evitar accidentes como resbalones o tropiezos.
- Todo el personal de instalación debe utilizar el equipo de protección adecuada a la actividad que realice para ingresar al área de trabajo.
- Para manipular cargas mayores de 25 kg, asegurarse de utilizar equipo de carga o de solicitar la ayuda de una o más personas para realizar la actividad de forma segura.
- Si la carga es menor de 25 kg, asegurarse de optar la posición adecuada de piernas y brazos para levantar y manipular la carga de forma segura.
- No se permite el ingreso de personas bajo efecto de alcohol o drogas al área donde se realizará la instalación.
- Durante la instalación se debe evitar fumar, beber o comer dentro del área de trabajo, manteniendo orden y limpieza en la medida de lo posible.

- Al finalizar la instalación, se debe dejar el área limpia y entregar las herramientas, equipos, piezas y materiales que sobren a la persona encargada.
- Normas de seguridad en operación
 - Todas las personas que ingresen al cuarto frío deben utilizar vestimenta adecuada para la temperatura a la que estarán expuestas.
 - El estudio de los componentes del cuarto frío, debe hacerse bajo supervisión del encargado del taller de refrigeración, quien verifica que las condiciones de ingreso de los estudiantes sean adecuadas.
 - El encargado del taller de refrigeración debe realizar una inspección de las condiciones físicas del cuarto frío y sus componentes, antes y después de ponerlo en marcha.
 - Es responsabilidad de todos mantener el área limpia y no dejar objetos tirados dentro o alrededor del cuarto frío que puedan ocasionar accidentes.
 - No jugar o correr dentro del cuarto frío y sus alrededores, que puedan ocasionar caídas, daños superficiales en el cuarto frío, daños en los equipos de refrigeración o daños físicos a terceros.
 - Evitar el contacto directo con las instalaciones eléctricas y con los equipos de refrigeración en funcionamiento.

4.3. Equipo de seguridad para cuartos fríos

Dependiendo de las operaciones que se realicen y el tiempo de permanencia en el cuarto frío, así será el tipo de equipo de seguridad que se debe utilizar.

Tabla XII. **Vestimenta para trabajo en cuartos fríos**

Imagen	Descripción
	<p>Overol térmico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricado en tres telas, nylon en exterior impermeable, relleno de poliéster y forro de felpa polar suave. • Capucha desmontable. • Cierre de zipper plástico en la parte externa de ambas piernas. • Diseñado para temperaturas hasta de -20 °C.
	<p>Calzado térmico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forro de borrega térmica. • Suela antiderrapante de acrílo-nitrilo resistente a grasa y aceite. • Casco de protección.
	<p>Guante térmico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistente a bajas temperaturas de hasta -30 °F. • Fabricado en hilo de acrílico de alta visibilidad recubierto en la palma con latex rugoso antiderrapante repelente al agua y ciertos químicos. • Puño elástico tipo calcetín.

Fuente: *Uniforme para cuartos fríos*. <https://www.impermexa.com/equipo-de-seguridad/ropa-para-cuartos-frios/>. Consulta: 20 de enero de 2018.

Por ejemplo, cuando una persona procesa producto adentro del cuarto frío y el tiempo de permanencia es de hasta 8 horas, debe utilizar vestimenta térmica, impermeable y cómoda que no afecte su capacidad y agilidad, como la que se muestra en la tabla anterior.

Debido a que el tiempo de exposición es mínimo, no se considera necesario utilizar vestimenta térmica. Sin embargo, es necesario el uso de zapato industrial, faja sacrolumbar, guantes, cascos, conos y mallas delimitadoras con las características que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Equipo para cuartos fríos**

Imagen	Descripción
	<p>Calzado industrial marca Rhino</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricado en piel. • Suela antiderrapante de acrílo-nitrilo resistente a grasas y aceites. • Acojinado en su interior, plantilla ergonómica. • Casco de acero, agujeta de nylon y ojillos metálicos.
	<p>Faja Sacrolumbar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricada en tela elástica de 8 pulgadas. • Cinturón de ajuste, tirantes elásticos ajustables, doble banda elástica de 4 pulgadas. • 3 varillas plásticas para soporte lumbar, soporte trasero central de 2 pulgadas.

Continuación de la tabla XIII.

Imagen	Descripción
	<p>Guante térmico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistente a bajas temperaturas de hasta -30 °F. • Fabricado en hilo de acrílico de alta visibilidad recubierto en la palma con latex rugoso antiderrapante repelente al agua y ciertos químicos. • Puño elástico tipo calcetín.
	<p>Casco de seguridad TC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricado en polietileno de alta densidad, tipo cachucha de alto impacto. • Clase E, resistente hasta 20 000 volts. • Laterales de 45°.
	<p>Cono delimitador</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricado en PVC flexible amarillo. • Altura 75 cm, resistente a impactos, flexible. • Para delimitar áreas interiores o exteriores. • Con calcomanías adheribles con leyendas como alto, obra en proceso y piso mojado.
	<p>Malla plástica delimitadora de áreas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fabricada en polipropileno de alta densidad, malla con orificios ovalados de 9*5 cm. • Color naranja fluorescente de alta visibilidad. • Para delimitar áreas en construcción y restricción de paso.

Fuente: <https://www.impermexa.com/equipo-de-seguridad/>. Consulta: 22 de enero de 2018.

En cuanto a la vestimenta, basta con el uso obligatorio de pantalón de lona, playera manga corta y la bata que se proporciona en el taller de refrigeración, complementado con el equipo anteriormente descrito.

4.4. Mantenimiento

Todos los equipos, las herramientas, la maquinaria y las instalaciones, requieren de la aplicación de servicios de mantenimiento para conservar sus características funcionales el mayor tiempo posible. El mantenimiento que requiere cada uno, varía conforme al tipo de elemento, los materiales que lo conforman, la función que tienen, el período de tiempo que se mantiene en uso, las condiciones ambientales a las que se exponen, entre otros.

Debido a la variedad de factores que influyen en el mantenimiento, el primer paso para establecer las acciones de mantenimiento que se necesitan, es conocer todo respecto al elemento al cual se le va a aplicar. Es decir, si se necesita establecer el tipo de mantenimiento que requiere un cuarto frío, es indispensable conocer cuáles son sus componentes, los parámetros de temperatura, presión y humedad bajo los cuales opera y su función, entre otros.

Hay una gran variedad de procesos específicos que se establecen para que un cuarto frío conserve su funcionalidad, esto depende del tipo de compresor que tenga; por ejemplo, no es lo mismo un compresor hermético, que un semi hermético o uno abierto; de igual forma no es lo mismo que el sistema utilice un condensador enfriado por aire, que uno enfriado por agua; o que además trabaje con un evaporador estático o de aire forzado; esto influye también en el tipo de refrigerante que se utilice y todo esto hace variar las acciones de mantenimiento que se definan.

Debido a la intermitencia operativa a la que se ha de exponer el cuarto frío que se diseña, es necesario tomar en cuenta las medidas de mantenimiento adecuadas, para que la vida útil del sistema de refrigeración se prolongue lo más posible. Es por esto que se establecen medidas de mantenimiento predictivo y correctivo; toma en cuenta las condiciones operativas y sus componentes, que se describen posteriormente.

4.4.1. Mantenimiento predictivo y preventivo

Estos tipos de mantenimiento son los que se pueden programar y se aplican al conocer el funcionamiento de todos los componentes del cuarto frío. Aunque el sistema de refrigeración funcione correctamente, hay ciertos elementos que, con base en el uso que se le dé, se puede determinar si requieren cambio o reajustes, limpieza, entre otros.

La diferencia entre el mantenimiento predictivo y preventivo radica en que, el primero se centra en definir acciones con base en la predicción de fallas, mientras que la segunda se centra en definir acciones que eviten que una falla suceda. Por ejemplo, un mantenimiento predictivo sería el cambio de fajas en un motor cada 1 000 horas de uso; mientras que un mantenimiento preventivo es la lubricación constante del motor para evitar que sus piezas se dañen a causa de la fricción entre ellas.

Para el cuarto frío diseñado, se busca que las acciones predictivas y preventivas se complementen entre sí, a través de revisiones, limpieza y lubricación, entre otros. Aunque el encargado del taller de refrigeración debe asegurar que las acciones de mantenimiento se lleven a cabo, estas actividades pueden realizarlas los estudiantes bajo su supervisión.

De acuerdo a las necesidades de mantenimiento del cuarto frío, se establecen las siguientes actividades:

- Revisión de las condiciones superficiales: se revisan pisos, paredes, techos. Por lo general, se revisa que estén limpios, que no haya oxidación ni incrustaciones de ningún tipo.
- Revisión eléctrica: se revisan todos los componentes eléctricos del sistema, verificando que los cables estén en buenas condiciones sin desgaste o cortadas, que el flujo de corriente sea adecuado, que las lámparas estén en buen estado, que el amperaje en turbina, ventilador y compresor sea el correcto.
- Revisión funcional: se revisa que las aspas de los ventiladores encuentren en buen estado y funcionando, serpentines sin incrustaciones, nivel y presión del refrigerante adecuado.
- Lubricación: se deben lubricar los ejes y cojinetes del sistema de refrigeración.
- Limpieza: hay que asegurar la limpieza de serpentines, filtros de aire, bandejas, hélices, borneras, terminales eléctricas y superficies internas del cuarto frío.

Si el cuarto frío opera bajo las condiciones establecidas, las actividades de mantenimiento anteriormente descritas, pueden aplicarse cada 6 meses. Sin embargo, las revisiones las pueden realizar los estudiantes conforme lo requiera el programa del taller de refrigeración.

La lubricación de los ejes y cojinetes del sistema de refrigeración también la pueden realizar los estudiantes cada seis meses al igual que la limpieza de serpentines filtros de aire, bandejas, hélices, borneras y terminales eléctricas; mientras que la limpieza superficial la pueden realizar los estudiantes cada mes.

4.4.2. Mantenimiento correctivo

La mayoría de fallas que requieren mantenimiento correctivo se dan cuando las máquinas o equipos permanecen en funcionamiento constante, afectando el flujo productivo de las empresas; es por esta razón que se considera que, el mantenimiento correctivo, es el que representa mayor costo para las empresas.

El mantenimiento correctivo se centra en establecer acciones aplicables cuando se detectan fallas en el sistema de refrigeración que afectan el funcionamiento normal del cuarto frío. Con base en el uso que se tiene previsto darle al cuarto frío diseñado, se considera que las fallas se pueden detectar como resultado de las revisiones que se realicen. Esto implica que es necesario lo siguiente:

- Después de 24 horas de operación continua, se debe observar el funcionamiento de cada uno de sus componentes en un período de 10 a 15 minutos, verificando que no existan vibraciones, ruidos, temperaturas o presiones fuera de lo normal.
- Según los resultados a observar en la inspección, así serán las acciones correctivas que se apliquen y los recursos que se utilicen.

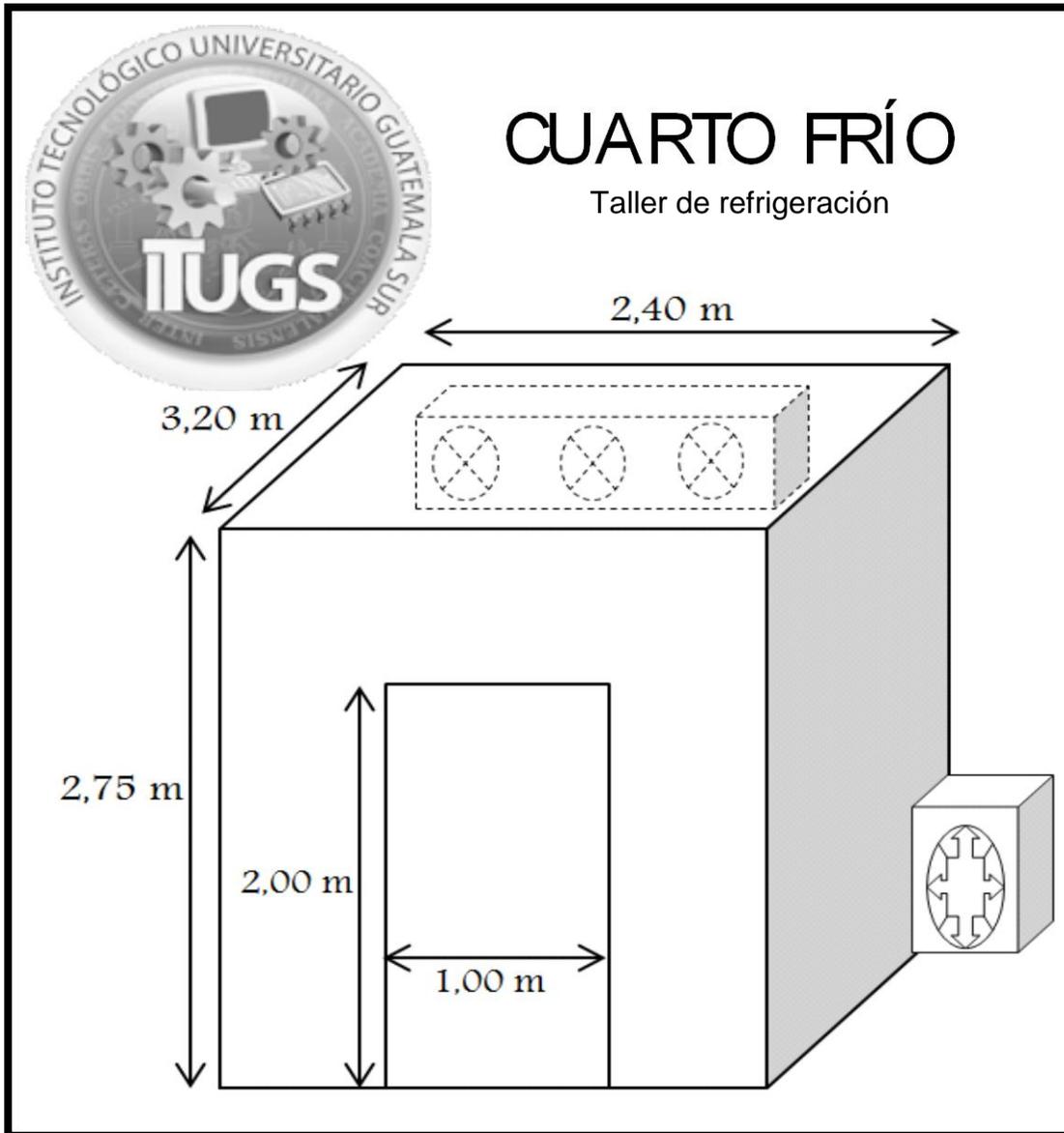
- Para que los mantenimientos correctivos sean más eficientes, es recomendable elaborar una hoja de vida del equipo, en la cual se lleve un registro de las características generales del equipo, las fallas que presente, los cambios de piezas que se realicen, los cambios de aceite, lubricante, refrigerantes, entre otros.
- También, es conveniente llevar un registro de las horas de funcionamiento del cuarto frío y la anotación de cualquier anomalía que se observe durante su funcionamiento, que contribuya para la programación de los mantenimientos.

4.5. Capacitación para los usuarios del cuarto frío didáctico

Para hacer buen uso del cuarto frío diseñado, en caso de ser instalado, es necesario crear una herramienta que facilite la capacitación de usuarios. Con este objetivo se selecciona la información más relevante, desde conceptos hasta recomendaciones, respecto a sus componentes, su función, la operación y su mantenimiento.

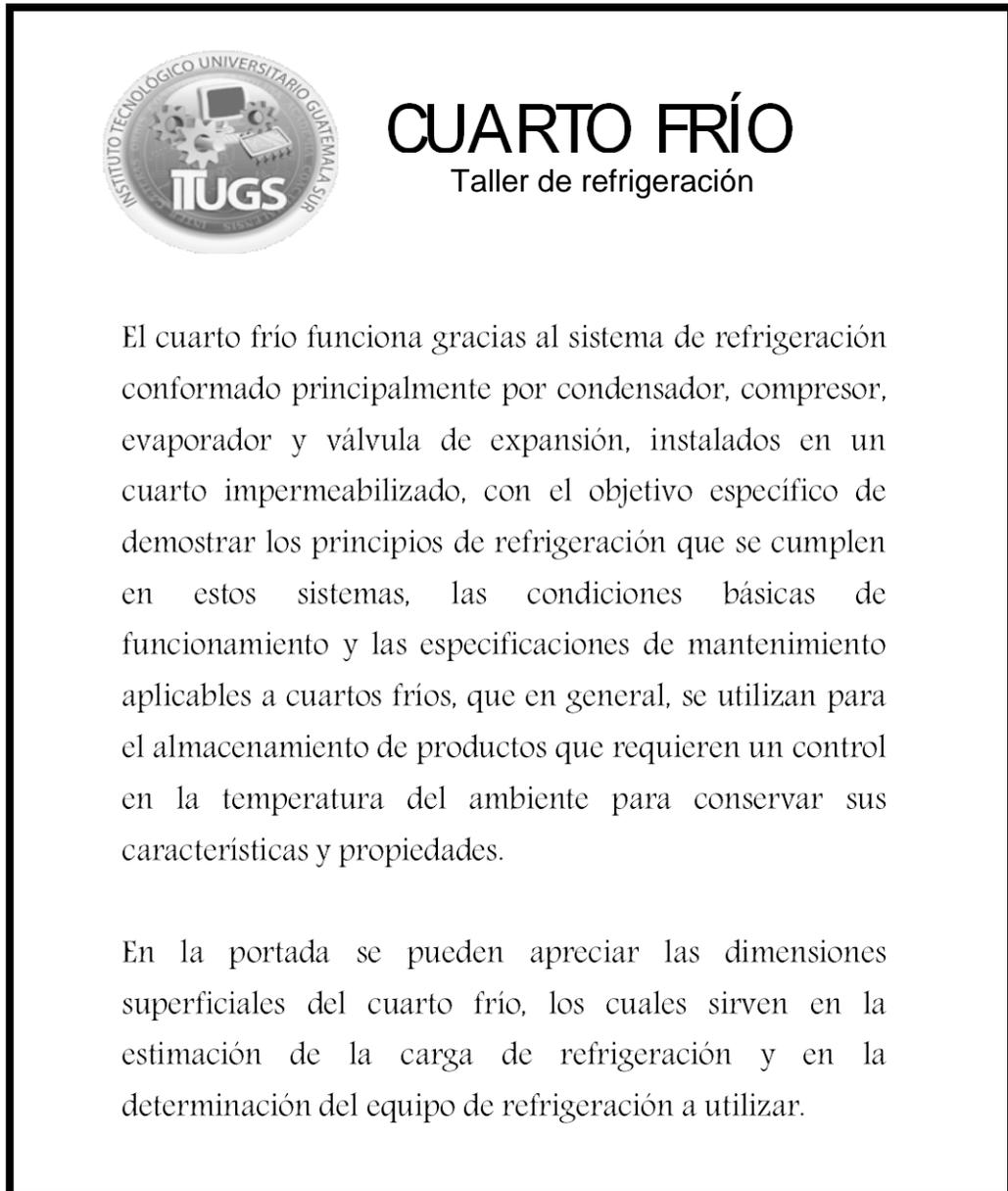
Toda la información relevante, se agrupa y se crea un documento que sirva como herramienta en la capacitación para los usuarios del cuarto frío. En la figura 15 se muestra la página uno del folleto informativo, que es una portada con un esquema básico del cuarto frío con sus respectivas dimensiones. En la figura 16 se presenta una pequeña introducción que conforma la página dos del folleto informativo. En la figura 17 se incluye una hoja de cálculo para la carga de refrigeración y conforma la página tres del folleto. En la figura 18 se presenta la página cuatro del folleto informativo con el esquema del sistema de refrigeración que indica los componentes básicos del cuarto frío.

Figura 16. Folleto informativo, página 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Folleto informativo, página 2



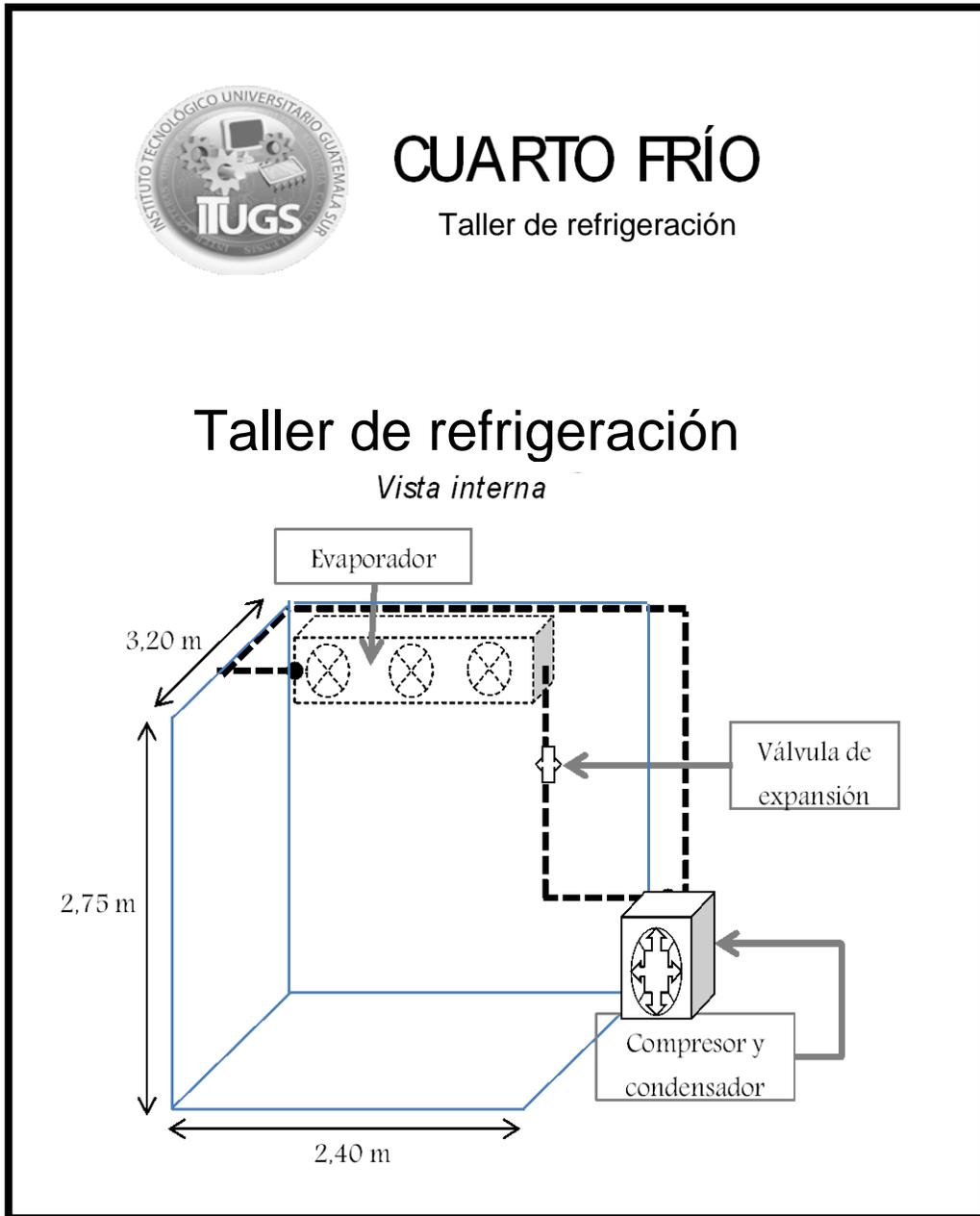
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Folleto informativo, página 3

<h2 style="text-align: center;">CUARTO FRÍO</h2> <p style="text-align: center;">Taller de refrigeración</p>		
HOJA DE CÁLCULO		
<i>Estimación de la carga de refrigeración</i>		
DIMENSIONES DEL CUARTO		
Ancho:	Largo:	Altura:
CONDICIONES DE AMBIENTE		
Temperatura ambiente:	Humedad relativa:	
Temperatura sobre techo:	Temperatura interior:	
AISLAMIENTOS		
Techo:		
Paredes:		
Piso:		
PRODUCTO		
Tipo de producto:		
Cantidad:	Temperatura promedio:	
CONDICIONES ADICIONALES		
Motores:	Hrs de trabajo:	
Iluminación:	Hrs de trabajo:	
No de personas:		
Horas de trabajo continuo:		
CARGAS		
Por transmisión:	Fórmula: $Q = A * U * DT$	
Paredes:	Techo:	Piso:
Por infiltración:	Fórmula: $Q = V * Fv * FTHR$	
Volumen:	Fv:	FTHR:
Por producto:	Fórmula: $Q = W * Cte * DT$	
Suplementaria:		
Q iluminación:	Q motor:	Q personas:
CARGA TOTAL:		
Q= carga	DT= diferencial de temperatura	
A= área	Fv= factor de volumen	
V= volumen	FTHR= factor temperatura y humedad relativa	
W= peso de producto	U= coeficiente de transmisión de calor	
	Cte= constante por tipo de producto	

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Folleto informativo, página 4



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Los tipos de refrigeración y cuartos fríos varían conforme a las especificaciones técnicas de sus componentes y a su aplicación. Hay cuartos fríos para el almacenamiento de productos, que dependiendo del producto y de la cantidad a almacenar, puede requerir temperaturas en diferentes rangos. También, hay algunos cuartos fríos que se utilizan dentro de un proceso productivo, lo que implica que en su interior no solo habrá producto, sino que personas procesándolos.
2. Se diseña un cuarto frío con fines didácticos que posee las siguientes dimensiones: 2,40 m de frente, 3,20 m de fondo y 2,75 de alto. El sistema tiene una carga total de refrigeración de 88 078,40 BTU, aplicando un factor de seguridad del 20 % se trabaja con un valor crítico para la selección de equipos de 13212 BTU; por lo que la potencia frigorífica es 1,1 kw.
3. De acuerdo a las dimensiones del cuarto frío, entre los materiales a utilizar se tienen los siguientes: cuatro paneles de poliuretano para impermeabilizar paredes y techo de un metro de ancho por 12 metros de largo, espuma de poliuretano para las uniones entre paredes y techo, flecos industriales de un metro de ancho por dos metros de alto para la cortina de entrada, dos tubos de cobre de cinco metros cada uno para la unión entre las unidades de refrigeración y cinco libras de refrigerante R134a.

4. Para el correcto funcionamiento del cuarto frío, se selecciona cuidadosamente unidad de evaporación con capacidad de 13 212 BTU, una válvula de expansión de una tonelada de refrigeración y una unidad de condensación con el compresor interno con capacidad de entre 1,5 y 2 HP.

5. Tomando en consideración todos los materiales a utilizar y el equipo de refrigeración seleccionado, se tiene que el costo total del cuarto frío es de Q. 37 525,00, dicho costo puede variar, de acuerdo a la marca del equipo a utilizar, así como el tiempo en que se tarden en adquirir los materiales y el equipo. Este costo no incluye mano de obra, ya que el equipo puede instalarse por los estudiantes y el encargado del taller de refrigeración del ITUGS.

RECOMENDACIONES

1. Se debe tomar en cuenta que, aunque hay diferentes tipos de refrigeración y cuartos fríos, los componentes básicos son los mismos, lo que varía son las dimensiones, las capacidades y la forma de funcionamiento de cada uno.
2. Antes de empezar a diseñar un cuarto frío, es necesario conocer el tipo, las características y las propiedades de los productos que se van a refrigerar; también, debe conocerse la temperatura requerida, el tipo de actividad en la que se ha de utilizar, entre otros aspectos que pueden incrementar la carga de refrigeración.
3. Aunque se puede calcular la cantidad y tipos de materiales que se han de utilizar para la construcción de un cuarto frío; también, es importante tener en consideración que puede haber imprevistos que hacen que la estimación varíe, haciendo que sobren o falten materiales.
4. Para la selección del equipo adecuado que influye en el correcto funcionamiento del cuarto frío, se debe tomar en cuenta que hay diferentes marcas para un mismo equipo, siendo necesario revisar que estos cumplan con las diversas características técnicas que ofrecen; además, un factor importante en la selección de los equipos; también, puede ser la calidad de sus materiales, ya que influyen en la vida útil de todo el sistema de refrigeración.

5. Los costos de construcción del proyecto se pueden reducir si se utiliza al personal del ITUGS o incluso a los estudiantes como mano de obra para las tareas de instalación, lo cual también serviría como medio de enseñanza en el aspecto de la instalación de equipos de refrigeración.

6. El proceso de instalación de los equipos, puede variar conforme al tipo y marca del equipo que se compre, por esto, es mejor verificar las recomendaciones del fabricante para la instalación, la operación y el mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCOBRE, S.A. *Ficha técnica refrigerante R-134a*. [en línea]. <<https://stag.es/wpcontent/pdf/fichas%20tecnicas%20refrigerantes/ficha%20tecnica%20r-134a.pdf>>. [Consulta: 15 de enero de 2018].
2. ASTURIAS, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 15 p.
3. BOHN. *Catálogo de productos. CT-1/2016*. México: BOHN, 2016. 77 p.
4. FIGUEROLA, Fernando; ROJAS, Loreto. *Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala*. [en línea]. <<http://www.fao.org/docrep/x5062s/x5062S00.htm#Contents>>. [Consulta: 29 de enero de 2018].
5. Frionline. *Tipos de gases refrigerantes en refrigeración y aire acondicionado*. [en línea]. <<https://frionline.net/articulos-tecnicos/205-tipos-de-gases-refrigerantes-en-refrigeracion-y-aire-acondicionando.html>>. [Consulta: 9 de noviembre de 2017].
6. GARZA, David. *Aceites lubricantes para refrigeración*. [en línea]. <<https://www.mundohvacr.com.mx/2009/04/aceites-lubricantes-para-refrigeracion/>>. [Consulta: 11 de noviembre de 2017].

7. Instituto Tecnológico Universitario, Guatemala Sur. [en línea]. <<http://tecnologicousac.edu.gt/>>. [Consulta: 4 de abril de 2017].
8. INTARCON. *Cálculo de conexiones frigoríficas*. [en línea]. <http://www.intarcon.com/pdfs/ES/Calculo_de_lineas_frigorificas.pdf>. [Consulta: 19 de enero de 2018].
9. Isotermia. *Materiales utilizados en el aislamiento térmico de cámaras frigoríficas*. [en línea]. <<https://www.camarasfrigorificas.es/blog/materiales-utilizados-en-el-aislamiento-termico-de-camaras-frigorificas/>>. [Consulta: 27 de enero de 2018].
10. LUQUE, Jacob. *Aceites para refrigeración*. [en línea]. <<https://es.scribd.com/document/356716815/aceites-para-refrigeracion-pdf>>. [Consulta: 8 de febrero de 2018].
11. MARTÍNEZ, María Elsa. Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur. [en línea]. <<http://itugs-usac.blogspot.com/>>. [Consulta: 4 de abril de 2017].
12. Reinaldo 0792. *Gases refrigerantes*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/Reinaldo0792/gases-refrigerantes>>. [Consulta: 8 de noviembre de 2017].
13. Universidad de San Carlos de Guatemala. *Catálogo ITUGS*. [en línea]. <<https://www.usac.edu.gt/catalogo/itugs.pdf>>. [Consulta: 7 de abril de 2017].

14. VILLANUEVA, Rafael. *Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración*. [en línea]. <<https://www.editorial-club-universitario.es/pdf/455.pdf>>. [Consulta: 19 de enero de 2018].

15. Wikipedia. *Esquema en corte de una válvula de expansión termostática con orificio fijo y sin línea de equilibrio de presión externa*. [en línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Válvula_de_expansión_termostática>. [Consulta: 18 de enero de 2018].

APÉNDICE

Apéndice 1. Hoja de cálculo propuesto para el taller de refrigeración

		
<h1 style="margin: 0;">CUARTO FRÍO</h1> <p style="margin: 0;"><i>Taller de Refrigeración</i></p>		
HOJA DE CÁLCULO		
<i>Estimación de la carga de refrigeración</i>		
DIMENSIONES DEL CUARTO		
Ancho: 2.4m/ 7.8ft	Largo: 3.2m/10.5 ft	Altura: 2.75m/9.02ft
CONDICIONES DE AMBIENTE		
Temperatura ambiente: 95°F	Humedad relativa: 60%	
Temperatura sobre techo: 115°F	Temperatura interior: 35°F	
AISLAMIENTOS		
Techo: Paneles de poliuretano		
Paredes: Paneles de poliuretano		
Piso: Fundición de concreto		
Tipo de producto: Verduras mixtas		
Cantidad: 150 libras	Temperatura promedio: 50°F	
CONDICIONES ADICIONALES		
Motores: 1 motor	Hrs de trabajo: 8 horas	
Iluminación: natural	Hrs de trabajo: 8 horas	
No de personas: sin personas		
Horas de trabajo continuo: 8 horas		
CARGAS		
Por transmisión: 1986.40 BTU	Fórmula: $Q = A * U * DT$	
Paredes: 1232.77 BTU	Techo: 409.87 BTU	Piso: 343.76 BTU
Por infiltración: 33 066.99 BTU/24h	Fórmula: $Q = V * Fv * FTHR$	
Volumen: 668.02 ft³	Fv: 22 cambios de aire	FTHR: 2.25 BTU/ft³
Por producto: 2025 BTU/24h	Fórmula: $Q = W * Cte * DT$	
Suplementaria: 51000 BTU/24h		
Q iluminación: 0	Q motor: 51000 BTU/24h	Q personas: 0
CARGA TOTAL: 88078.40 BTU/24h		
Q= carga	DT= diferencial de temperatura	
A= área	Fv= factor de volumen	
V= volumen	FTHR= factor temperatura y humedad relativa	
W= peso de producto	U= coeficiente de transmisión de calor	
	Cte= constante por tipo de producto	

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Diámetro de tuberías líquido-gas recomendados según la distancia entre unidades para la utilización de refrigerante R 134^a

Modelo <i>Modèle</i>	Conexiones y diámetro de tuberías líquido-gas recomendados según distancia entre unidades <i>Connexions et diamètre de tuyaux liquide-gaz recommandés selon la longueur</i>						
	Conexiones	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
R 134a <i>Alta temperatura Haute température</i>	- 015	FLARE 1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-1/2"		
	- 026	FLARE 1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	
	- 033	FLARE 1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"
	- 053	FLARE 3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"
	- 074	FLARE 3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"
	- 086	SOLDAR 3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-1 1/8"	3/8"-1 1/8"
	- 108	SOLDAR 3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-1 1/8"	3/8"-1 1/8"	3/8"-1 1/8"	3/8"-1 1/8"
	- 136	SOLDAR 1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"
	- 160	SOLDAR 1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"	1/2"-1 1/8"	1/2"-1 3/8"
	- 215	SOLDAR 1/2"-1 3/8"	1/2"-1 3/8"	1/2"-1 3/8"	1/2"-1 3/8"	1/2"-1 3/8"	1/2"-1 3/8"
	- 010	FLARE 1/4"-3/8"	1/4"-3/8"	1/4"-3/8"	1/4"-1/2"		
	- 0 015	FLARE 1/4"-3/8"	1/4"-3/8"	1/4"-3/8"	1/4"-1/2"		
	- 1 015	FLARE 1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-5/8"	
- 026	FLARE 1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"		
R 134a <i>Media temperatura Moyenne température</i>	- 033	FLARE 1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-1/2"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-3/4"
		FLARE 1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-3/4"
	- 053	FLARE 1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-5/8"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"
		FLARE 1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"
	- 074	FLARE 1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	3/8"-7/8"
		FLARE 3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-7/8"
	- 068	FLARE 1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	1/4"-3/4"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"
	FLARE 3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-3/4"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	
- 086	SOLDAR 3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-7/8"	3/8"-1 1/8"	

Fuente: ASTURIAS ZÚNIGA, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 5.

Anexo 2. **Potencia frigorífica mínima y máxima recomendada para cada tubería de aspiración, según su diámetro y los metros de tubería entre unidades**

Temp. evap. °C	Diámetro de tubería Diamètre de liaisons	GAS LINE EVAPORATOR SUCTION COMPRESSOR LIGNE DE GAS D'ASPIRATION DEPUIS D'ÉVAPORATEUR JUSQU'AU COMPRESSOR R134a							
		Potencia frig. min. Puissance frigorifique min. (kW)	Potencia frigorífica máx. (kW) para una caída de temperatura de saturación de 1K, según longitud equivalente de tubería Puissance frigorifique max. (KW) pour une maque de température de saturation de 1 K, sur longueur équivalente de tuyau						
			10 m	15 m	20 m	25 m	30 m	40 m	50 m
Alta temperatura / Haute température Temp. evaporación / Temp. d'évapo.: +0 °C	3/8"	0.2	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3
	1/2"	0.5	2.0	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8
	5/8"	0.9	3.8	3.1	2.6	2.3	2.1	1.8	1.6
	3/4"	1.5	6.4	5.1	4.4	3.9	3.5	3.0	2.6
	7/8"	2.2	10	8.0	6.9	6.1	5.5	4.7	4.1
	1"	3.2	15	12	10.0	8.9	8.0	6.9	6.1
	1 1/8"	3.7	17	16	14	12	11	9.4	8.3
	1 3/8"	6	24	24	23	21	19	16	14
	1 5/8"	9	35	35	35	33	30	25	23
	2 1/8"	19	61	61	61	61	63	54	48
	2 5/8"	32	95	95	95	95	95	93	82
	3 1/8"	50	135	135	135	135	135	135	133
	3 5/8"	75	180	180	180	180	180	180	180
4 1/8"	100	230	230	230	230	230	230	230	
Media temperatura / Moyenne température Temp. evaporación / Temp. d'évapo.: -10 °C	3/8"	0.2	0.55	0.44	0.37	0.33	0.30	0.25	0.22
	1/2"	0.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	5/8"	0.7	2.6	2.1	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1
	3/4"	1.2	4.3	3.4	2.9	2.6	2.3	2.0	1.8
	7/8"	1.8	6.7	5.4	4.6	4.1	3.7	3.1	2.8
	1"	2.6	9.9	7.9	6.7	6.0	5.4	4.6	4.1
	1 1/8"	3.0	11	10.8	9.2	8.1	7.4	6.3	5.5
	1 3/8"	5.0	16	17	16	14	12	11	9.4
	1 5/8"	7.5	23	24	25	22	20	17	15
	2 1/8"	15	41	42	43	44	42	38	32
	2 5/8"	25	62	63	64	65	66	62	55
	3 1/8"	40	90	91	92	93	94	95	89.7
	3 5/8"	60	120	121	122	123	124	125	126
4 1/8"	75	150	151	152	153	154	155	156	

Fuente: ASTURIAS ZÚNIGA, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 6.

Anexo 3. Carga de refrigerante necesaria de acuerdo al diámetro de la tubería y al tipo de refrigerante utilizado

Diámetro de tubería de cobre <i>Diamètre de cuivre liaisons</i>	Potencia frigorífica recomendada en línea de líquido <i>Capacité de refroidissement recommandé en conduite de fluide</i>				Carga de refrigerante <i>Charge réfrigérant (gr/m)</i>	
	Sin subenfriamiento <i>Pas de sous-refroidissement</i>		Con subenfriamiento <i>Avec sous-refroidissement 0°C</i>			
	R404A / R452A	R134a / R449	R404A	R134a / R449	R449A / R452A	R134a / R449
1/4"	2	3	4	5	20	25
3/8"	5	7	12	15	50	65
1/2"	10	14	24	30	100	120
5/8"	15	23	40	50	160	200
3/4"	23	35	55	80	240	300
7/8"	32	50	80	120	340	400
1"	43	63	105	150	450	500
1 1/8"	55	80	135	200	550	700
1 3/8"	80	120	200	300	850	1 000
1 5/8"	115	170	280	400	1 200	1 500
2 1/8"	200	300	500	700	2 100	2 500

Fuente: ASTURIAS ZÚNIGA, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 7.

Anexo 4. Características de los productos alimenticios de interés al ser refrigerados

CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

Producto	Temperatura Promedio de Congelación °F	Porcentaje de Agua	Calor específico BTU/lb °F		Calor Latente de Fusión BTU/lb	Calor de Enfriamiento BTU por lb (de 32°F a la temperatura indicada)	
			Arriba del punto de Congelación	Abajo del punto de Congelación		°F	BTU
Cherrios	28.9	78.6	0.94	0.46	112		
Ejotes	29.7	88.9	0.91	0.47	128	40	1,700-11,400
Ejotes	28.9	75.5	0.73	0.42	106	32	7,200-11,300
						40	10,500-11,200
Escarola	30.9	93.3	0.94	0.48	132		
Espinacas	29.8	91.9	0.91	0.48	134	40	11,000-11,700
Espinacas	30.3	92.7	0.94	0.48	132	40	8,000
Habas	30.1	66.5	0.73	0.40	94	40	8,000-6,100
Habas secas		12.5	0.30	0.24	18		
Hongos	30.2	91.1	0.93	0.47	130	32	6,200
Jitomate	30.4	94.1	0.95	0.48	134	50	22,000
Lechuga	31.2	94.0	0.96	0.48	136	40	1,250
						32	2,300
						40	2,700
Maíz		10.5	0.28	0.23	15		
Nabe	30.6	90.9	0.93	0.47	130	32	1,000
						40	2,300
Papas	28.9	77.0	0.82	0.43	111	40	1,300-1,800
Papines	30.5	86.1	0.97	0.49	137		
Pimiento	30.1	92.4	0.94	0.47	132	40	4,700
Rábano		93.6	0.95	0.48	134		
Rábano picante	26.4	73.4	0.78	0.42	104		
Flapónico	28.4	94.2	0.99	0.48	134		
Tomate	30.4	94.7	0.95	0.48	134	60	6,230
Verduras (mixtas)	30.0	90.0	0.90	0.45	120		
Zanahorias	29.6	88.2	0.90	0.46	126	32	2,100
						40	3,500
CARNES Y PESCADOS							
Aves (carne fresca)	27	74	0.75	0.37	106		
Aves (congeladas)	27	74	0.79	0.37	106		
Bacalao (fresco)	28	69	0.90	0.49	119		
Camarones	28	70.8	0.83	0.45	119		
Carne cortada (relaxo)	29	65	0.72	0.40	85		
Carne de cordero	29	58	0.67	0.30	83.5		
Carne de puerco (ahumada)		57	0.60	0.32			
Carne de puerco (ahumada)	26	60	0.68	0.38	86.5		
Carne de res (grasosa)	28	60	0.60	0.35	79		
Carne de res (magra)	29	68	0.77	0.40	100		
Carne de res (salada)			0.75				
Carne de res (seca)		5-15	0.22-0.34	0.19-0.26	7-22		
Carne de ternera	29	63	0.71	0.37	91		
Chorizos	26	65.5	0.89	0.56	93		
Embutidos			0.60				
Escalopes	28	80.3	0.89	0.48	116		
Higados	29	65.5	0.72	0.40	83.3		
Jamonas y Lomox	27	50	0.68	0.38	86.5		
Ostiones (en su concha)	27	80.4	0.83	0.44	116		
Ostiones (en lata)	27	87	0.90	0.46	125		
Pescado (congelado)	28	70	0.76	0.41	101		
Pescado (en hielo)		70	0.76	0.41	101		
Pescado (seco)			0.56	0.34	65		
Selchichas (ahumadas)	25	60	0.66	0.36	86		
Selchichas (Frankfurt)	29	60	0.65	0.35	86		
Selchichas (frescas)	26	65	0.69	0.36	93		
Toelne		20	0.50	0.30	29		
FRUTAS							
Agucates	27.2	94	0.91	0.49	136	60	11,700-23,100
Arándanos	28.6	82.3	0.85	0.45	118	32	1,300-2,200
Arándanos Agrios	27.3	87.4	0.90	0.48	124		
Cerezas	26	83	0.87	0.45	120		
Ciuelas	28	85.7	0.88	0.45	122		
Ciuela pasa (fresca)	28	85.7	0.88	0.45	123		
Chabacanos	28.1	85.4	0.88	0.46	122		
Dátil (fresco)	27.1	78	0.82	0.43	112		
Dátil (seco)	-4.1	20	0.36	0.26	29	11	
Duraznos	29.4	86.9	0.90	0.46	124	32	1,510
						40	1,735

Tabla No. 1

Fuente: ASTURIAS ZÚNIGA, Luis. *Guía de estudios para cuartos fríos*. p. 8.