



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de una Instalación Frigorífica para Almacenamiento de
Piña para Exportación”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Tesis de Grado

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Giovanny Xavier Ramón León

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

De manera especial agradezco a Dios por haberme ayudado a culminar mis estudios, a mis padres por su apoyo incondicional, a mi Director de Tesis Ing. Ángel Vargas Zúñiga, a mis hermanos, y a mi tía Ing. Beatriz León Martínez por su generosidad.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme ayudado a cumplir mis metas.

A las personas más importantes de mi vida mis padres y mis hermanos que siempre me han apoyado para que yo me supere.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ángel Vargas Z.
DIRECTOR DEL TFG



Ing. Mario Patiño
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Giovanni Xavier Ramón León", is written over a horizontal line.

Giovanni Xavier Ramón León

RESUMEN

Una de las principales fuentes de ingresos económicos que tiene el Ecuador está en el sector agrícola, ya que cuenta con buenas tierras para cultivo y un clima óptimo, lo cual permite producir una variedad de frutas y hortalizas para consumo interno y para exportación.

La piña es una fruta tropical de gran consumo a nivel mundial, y es la segunda fruta no tradicional de exportación del Ecuador. Según PROECUADOR (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones) las principales plantaciones de piña se encuentran en las siguientes provincias de la Costa, siendo las más importantes: Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, seguido del Guayas, El Oro, Esmeraldas y Manabí. Las tres primeras provincias indicadas son las que poseen mejores condiciones para la producción de piña.

En Ecuador la principal variedad de piña cultivada para la exportación es la Golden Sweet, también conocida como MD2, ya que es muy apetecida en los mercados internacionales, la cual se caracteriza por su sabor dulce, tamaño y aroma. La principal ventaja que tiene el Ecuador es que la disponibilidad de la piña se da durante todo el año, lo cual permite asegurar el abastecimiento de la misma en los principales destinos de exportación.

Según datos del BCE (Banco Central del Ecuador) desde el 2002 las exportaciones de piña tienen una tendencia al alza gracias al incremento de

hectáreas de cultivo de la variedad MD2 en el país, por lo cual cada vez se requieren más cámaras frigoríficas diseñadas de acuerdo a estos requerimientos de producción para la conservación de la fruta previo a su exportación, para de esta manera garantizar que la misma llegue en buen estado al mercado de destino.

Por tal motivo en este proyecto se diseñó una planta frigorífica, la cual consta de 4 cámaras. Para ello como primer paso se realizó un estudio de factibilidad de las exportaciones de la piña ecuatoriana en base a datos estadísticos, luego se estableció la ubicación y orientación que va a tener la planta frigorífica, datos con los cuales se procedió a su diseño adecuado para garantizar que el producto se conserve en buen estado.

Para el diseño de la planta frigorífica se hizo su dimensionamiento en base a la cantidad requerida de producto a almacenar para su exportación y se realizó el cálculo de la carga térmica que va a tener. A continuación se seleccionó el refrigerante adecuado para el sistema de refrigeración de cada cámara frigorífica y para ello se tomó en consideración las normativas medioambientales, posteriormente se seleccionó el ciclo termodinámico que se va a emplear de acuerdo a los requerimientos frigoríficos que debe satisfacer cada cámara. Luego se realizó los cálculos pertinentes para seleccionar los componentes mecánicos principales que conforman dicho ciclo y se dimensionó las tuberías que los acoplan. Por último se seleccionaron los dispositivos de control

automático y anexos del sistema de refrigeración de cada cámara, los cuales permitirán obtener un adecuado funcionamiento del sistema.

INDICE GENERAL

RESUMEN	i
INDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS	viii
SIMBOLOGÍA.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE PLANOS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	3
1. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Estadísticas de exportación	4
1.3. Preparación post cosecha de la piña de exportación.....	7
1.4. Empaque y Transporte.....	10
CAPITULO 2	22
2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA PIÑA.....	22
2.1. Introducción.....	22
2.2. Descripción técnica	22
2.3. Variedades	27
2.4. Propiedades alimenticias	32
2.5. Propiedades termodinámicas.....	33
CAPITULO 3	40
3. DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA.....	40
3.1. Cálculo de las dimensiones requeridas para la cámara frigorífica.....	40

3.2.	Selección y cálculo del aislamiento.....	50
3.2.1.	Espesor del aislamiento de las paredes.....	58
3.2.2.	Espesor del aislamiento del techo y de la puerta.....	67
3.2.3.	Espesor del aislamiento del piso.....	69
CAPITULO 4.....		77
4.	CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN.....	77
4.1.	Aportes caloríficos internos.....	77
4.2.	Aportes caloríficos externos.....	80
4.3.	Carga total de refrigeración.....	84
CAPITULO 5.....		109
5.	SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE DEL SISTEMA.....	109
5.1.	Introducción.....	109
5.2.	Clasificación de los refrigerantes.....	110
5.3.	Características de los refrigerantes.....	121
5.4.	Selección del refrigerante.....	130
5.5.	Determinación de las temperaturas de condensación y evaporación del refrigerante seleccionado.....	135
CAPITULO 6.....		140
6.	SELECCIÓN DEL CICLO TERMODINÁMICO DEL SISTEMA.....	140
6.1.	Sistemas de refrigeración.....	140
6.1.1.	Tipos de sistemas de refrigeración.....	140
6.1.2.	Selección del sistema de refrigeración.....	156
6.2.	Selección del ciclo de refrigeración a compresión.....	158
6.3.	Trazado del ciclo de refrigeración.....	158
6.3.1.	Cálculo de los principales parámetros del ciclo de refrigeración..	161
CAPITULO 7.....		179

7. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA.....	179
7.1. Compresores.....	179
7.1.1. Clasificación de los compresores.....	180
7.1.2. Cálculo y selección del compresor... ..	182
7.2. Condensadores.....	193
7.2.1. Clasificación de los condensadores.....	193
7.2.2. Cálculo y selección del condensador.....	195
7.3. Evaporadores.....	203
7.3.1. Clasificación de los evaporadores.....	203
7.3.2. Cálculo y selección del evaporador.....	206
 CAPITULO 8.....	 215
8. SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICO Y ANEXOS.....	215
8.1. Dispositivos de control automático.....	215
8.1.1. Válvula de expansión termostática.....	216
8.1.2. Válvula solenoide.....	226
8.1.3. Válvula de presión constante.....	231
8.1.4. Termostato.....	236
8.1.5. Presostato.....	237
8.2. Dispositivos anexos.....	238
8.2.1. Deshidratador (Filtro secador).....	239
8.2.2. Visor de líquido.....	241
8.2.3. Separador de aceite.....	242
8.2.4. Acumulador de succión.....	245
8.2.5. Botella recibidora de líquido.....	248
8.2.6. Amortiguador de vibración.....	250
8.2.7. Tuberías.....	251
8.2.7.1. Cálculo de las dimensiones de las tuberías.....	254

8.2.7.1.1. Cálculo de los diámetros según el tipo de tubería	256
8.2.7.1.2. Cálculo de las caídas de presión en las tuberías.....	266
8.2.7.2. Dimensionamiento del aislamiento para las tuberías.....	278
CAPITULO 9	291
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	291
9.1. CONCLUSIONES.....	291
9.2. RECOMENDACIONES	294

APÉNDICES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

Amb.	Ambiente
Aire Cám.	Aire de la cámara
Asp.	Aspiración
Btu	Unidad térmica británica
Cám. Cons.	Cámara de conservación
Cám. Pal.	Cámara de paletizado
Cám. Pre.	Cámara de pre-enfriamiento
Cerr. Cám.	Cerramiento de la cámara
Cond.	Condensación
Condr.	Condensador
Comp.	Compresión
CFC's	Clorofluorcarbonados
CT	Carga térmica
COP	Coficiente de performance o de desempeño
cm	Centímetro
Dist. Líq.	Distribuidor de líquido
Desc.	Descarga
Enf. Prod.	Enfriamiento del producto
Evap.	Evaporación
Evapd.	Evaporador
ext	Exterior
EPS	Poliestireno Expandido
ft	Pie
GWP	Potencial de Calentamiento Global
g	Gramo
HCFC's	Hidroclorofluorcarbonados
HFC's	Hidrofluorcarbonados
HP	Horsepower o Caballo de Potencia
hr	Hora
int	Interior
Ilum.	Iluminación
in o "	Pulgada
Kcal	Kilocaloría
KPa	Kilopascal
KJ	Kilojoule
Kg	Kilogramo
KW	Kilovatio
l	Litro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m	Metro
m ²	Metro cuadrado

m ³	Metro cúbico
mm	Milímetro
min	Minuto
mg	Miligramo
ODP	Potencial de Agotamiento del Ozono
PUR	Espuma Rígida de Poliuretano
PIR	Espuma Rígida de Poliisocianurato
POE	Polyol-éster
PVC	Cloruro de polivinilo
pH	Potencial hidrógeno
ppm	Partes por millón
psi	Libras por pulgada cuadrada
Resp. Prod.	Respiración del Producto
Renov. Aire	Renovación de aire
RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
serv.	Servicio
SG	Gravedad específica
s	Segundo
ton	Tonelada métrica
TR	Tonelada de refrigeración
USD	Dólar de Estados Unidos
Vent.	Ventiladores
Vál. Sol.	Válvula Solenoide
Vál. Reg. Pres.	Válvula reguladora de presión
VET	Válvula de Expansión Termostática
W	Vatio o Watt
XPS	Poliestireno Extruido
µg	Microgramo
µl	Microlitro

SIMBOLOGÍA

a	Ancho
A	Área
C_p	Calor específico
C	Calor desprendido por cada persona
CO_2	Bióxido o Dióxido de Carbono
DI	Diámetro interior de la tubería
DE	Diámetro exterior de la tubería
d	Espesor mínimo del aislamiento
e	Espesor del material que conforma una pared
F	Coefficiente de corrección
H	Altura
h	Coefficiente de convección
h	Entalpía específica
K	Kelvin
K	Coefficiente global de transferencia de calor de una pared
$K_{Evapr.}$	Coefficiente global de transferencia de calor del evaporador
L	Longitud
L_e	Longitud equivalente
I_r	Calor de respiración del producto
m	Masa
\dot{m}	Caudal másico de refrigerante
N	Número de renovaciones del aire de la cámara por día
N	Número de personas que ingresan a la cámara en un día
O_2	Oxígeno
P_R	Potencia real absorbida por el compresor
P	Presión
P_t	Potencia teórica absorbida por el compresor
P	Potencia
P_T	Potencia total de las lámparas de la cámara
ΔP	Caída de presión
Q	Flujo de calor
$Q_{Evapd.}$	Potencia o capacidad frigorífica del evaporador
$Q_{Condr.}$	Potencia calorífica evacuada por el condensador
Q_f	Potencia de la máquina frigorífica
Q_{TOTAL}	Carga de enfriamiento total
$q_{f,ev}$	Efecto refrigerante
$q_{f,vol}$	Producción frigorífica volumétrica
$r_{Comp.}$	Tasa o relación de compresión

R	Refrigerante
S	Superficie de transferencia de calor de una pared
$S_{\text{Evapr.}}$	Superficie de transferencia de calor del evaporador
T	Temperatura
\bar{T}	Temperatura promedio
ΔT	Diferencia de temperatura
T_i	Temperatura del producto al momento de introducirlo a la cámara
t'	Tiempo de marcha de la máquina frigorífica
t_{perm}	Tiempo de permanencia de las personas en la cámara frigorífica
t_{serv}	Tiempo de funcionamiento de las lámparas
V	Volumen de la cámara
V	Velocidad del refrigerante
v	Volumen específico
\dot{V}_R	Caudal volumétrico real que desplaza el compresor
\dot{V}_4	Caudal volumétrico de refrigerante entrando a la VET
Ψ	Humedad relativa
$\bar{\Psi}$	Humedad relativa promedio
η_i	Rendimiento indicado del compresor
η_m	Rendimiento mecánico del compresor
η_g	Rendimiento global del compresor
η_v	Rendimiento volumétrico del compresor
$^{\circ}\text{C}$	Grado centígrado
$^{\circ}\text{F}$	Grado Fahrenheit
ρ	Densidad
λ	Conductividad térmica
α	Difusividad térmica
μ	Factor de resistencia al vapor de agua
\$	Dólar americano

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Volumen de las exportaciones de piña ecuatoriana durante el periodo 2000 – 2013.	5
Figura 2: Volumen de las exportaciones de piña ecuatoriana durante los meses de Enero a Abril del 2013 y del 2014.	7
Figura 3: Dimensiones de la caja de cartón pequeña tipo bandeja.	12
Figura 4: Dimensiones del pallet universal.	14
Figura 5: Orientación del galpón que va a contener a las cámaras frigoríficas. .	38
Figura 6: Dimensiones del pallet armado con las cajas tipo bandeja.	42
Figura 7: Patín hidráulico.	43
Figura 8: Panel frigorífico tipo sándwich.	55
Figura 9: Materiales que conforman el piso de una cámara frigorífica.	69
Figura 10: Gráfica del efecto que producen los refrigerantes CFC's, HCFC's y HFC's sobre la capa de ozono y el calentamiento global.	120
Figura 11: Ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica.	143
Figura 12: Representación del ciclo de refrigeración de una máquina frigorífica a una etapa de compresión mecánica en el diagrama de Mollier.	144
Figura 13: Evaporador multicircuito con su distribuidor de líquido y con la VET ecualizada externamente.	219

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los pallets.	13
Tabla 2: Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales.....	16
Tabla 3: Tasa de respiración de la piña según su temperatura.	17
Tabla 4: Clasificación de algunas frutas tropicales según su tasa de producción de etileno.....	18
Tabla 5: Condiciones de temperatura y humedad, y duración máxima durante el almacenamiento y transporte de la piña de exportación.....	20
Tabla 6: Composición nutricional de la piña.	33
Tabla 7: Punto de congelación inicial, calor específico sobre y bajo congelación, y calor latente de fusión de la piña fresca.....	36
Tabla 8: Propiedades térmicas de la piña fresca.....	36
Tabla 9: Condiciones climáticas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.....	38
Tabla 10: Clasificación de los aislantes térmicos.....	47
Tabla 11: Propiedades de aislamientos térmicos.	52
Tabla 12: Relación lineal entre ΔT y K	57
Tabla 13: Espesor y conductividad térmica de los materiales que conforman el panel frigorífico.....	58
Tabla 14: Conductividad térmica de varios materiales de construcción.	71
Tabla 15: Espesores de los paneles del cerramiento de las cámaras frigoríficas.....	76
Tabla 16: Calor metabólico por persona a diferentes temperaturas.	84
Tabla 17: Clasificación actual de grupos de seguridad de refrigerantes.	118
Tabla 18: Denominación de los refrigerantes por su código internacional.	121
Tabla 19: Propiedades de saturación del R-134a.....	136
Tabla 20: Diferencia de temperatura vs Humedad relativa.....	137
Tabla 21: Factores de Corrección para Válvulas de Expansión Termostática.....	221

Tabla 22: Factores de Corrección para Válvulas Solenoide.....	228
Tabla 23: Factores de corrección de capacidad	232
Tabla 24: Dimensiones de la tubería de cobre tipo L.....	257
Tabla 25: Longitud equivalente de tuberías dobladas	268
Tabla 26: Resistencia de acoplamientos expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D	268
Tabla 27: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos.....	281
Tabla 28: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes.	281

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1: Dimensionamiento de las cámaras frigoríficas y su distribución dentro del galpón.....	287
Plano 2: Instalación frigorífica de la Cámara de Paletizado.....	288
Plano 3: Instalación frigorífica de las Cámaras de Pre-enfriamiento y Conservación.....	289
Plano 4: Esquema general de la instalación frigorífica de cada cámara.....	290

INTRODUCCIÓN

Desde el descubrimiento del petróleo en el Ecuador ha sido y sigue siendo su principal fuente económica, pero el sector agrícola también aporta importantes ingresos para el país, debido a que el Ecuador posee tierras fértiles y climas adecuados, lo cual permite obtener diferentes tipos de productos agrícolas a lo largo de todo el año, los cuales son apetecidos en muchos países, y por ende su demanda en el mercado internacional se ha incrementado considerablemente.

Entre las principales frutas no tradicionales de exportación del Ecuador tenemos el mango, piña, papaya hawaiana, maracuyá, granadilla, pitahaya, uvilla, limón tahití, guayaba, aguacate (Hass), siendo la piña una fruta que por sus destacables propiedades organolépticas tiene una gran aceptación a nivel mundial.

En este proyecto de diseño de las cámaras que conforman la planta frigorífica para el almacenamiento y conservación de la piña previo a su exportación se tomará en cuenta todas las consideraciones necesarias, tales como, la ubicación, orientación y cantidad de producto a almacenar frigoríficamente en las cámaras. En base a estos datos se dimensionarán las cámaras y se determinará la carga de enfriamiento total dentro de las mismas, lo cual en conjunto con el tipo de refrigerante seleccionado permitirá calcular y seleccionar mediante los catálogos de los fabricantes de equipos de refrigeración los principales

componentes y los dispositivos de control automático y anexos más idóneos de la instalación frigorífica de cada cámara, para con ello garantizar un adecuado funcionamiento y las condiciones de frío necesarias para una buena conservación de la fruta dentro de las cámaras para su exportación.

La variedad de piña que se va a almacenar en las cámaras de la planta frigorífica es la Golden Sweet, también conocida como MD-2, ya que es la que más se exporta debido a su sabor extra dulce, tamaño y aroma.

CAPITULO 1

1. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

1.1. Antecedentes

Ecuador posee una gran variedad de frutas no tradicionales dentro de su oferta exportable, esto se da gracias a la posición geográfica en la que se encuentra ubicada y a la existencia de microclimas que hacen que nuestra producción sea de excelente calidad.

Según PROECUADOR del grupo de frutas no tradicionales que exporta el Ecuador, las más demandadas a nivel mundial son el mango, la piña y la papaya, siendo la piña una de las frutas tropicales de mayor importancia ya que es muy apetecida por los consumidores tanto en forma fresca como procesada.

La producción mundial de la piña se duplicó entre 1948 y 1965, y desde entonces se halla en rápido aumento.

Las variedades de piña que se producen en el Ecuador para exportación

son: la Cayena Lisa o Hawaiana y la Champaca, utilizadas en la agroindustria; y la Golden Sweet, conocida como MD-2, la cual tiene una gran demanda en el mercado internacional por su sabor muy dulce.

Entre las ventajas que posee el Ecuador para la exportación de la piña está el contar con una logística marítima semanal que se utiliza en la cadena del banano, ya que la piña es un producto que se transporta junto a este. Además el rendimiento por hectárea es más elevado que el de otros países productores.

Ecuador produce piña durante todo el año, gracias a las condiciones climáticas de sus regiones litoral y oriental. Es así, que el mercado externo es atendido con normalidad en cualquier época.

La piña es más manipulable que otras frutas y, si bien se trata de un producto perecedero, su duración puede extenderse hasta 14 - 28 días.

Datos oficiales de la Asociación de Productores de Piña del Ecuador (ASOPIÑA), indican que actualmente el país cuenta con una extensión cultivada de piña MD-2 de aproximadamente 2.500 hectáreas y se exportan 100 contenedores semanales a los diferentes principales mercados de destino de la fruta, como son Estados Unidos, Europa y América del Sur.

1.2. Estadísticas de exportación

Según la información estadística del BCE (Banco Central del Ecuador) indica que las exportaciones de piña ecuatoriana han ido incrementándose progresivamente desde el año 1990, pero a partir del año 2002, tal como lo indica la Figura 1, las exportaciones de piña ecuatoriana evolucionaron radicalmente, ya que en ese año la cantidad de toneladas exportadas duplicó a las del 2001, conservando esa tendencia creciente hasta el año 2007, el cual registra el mayor volumen de toneladas exportadas hasta el momento. A partir del año 2008 hasta el 2011 se siguió conservando un buen volumen de piña exportada con ligeras fluctuaciones en las toneladas exportadas.

Figura 1: Volumen de las exportaciones de piña ecuatoriana durante el periodo 2000 – 2013.



Fuente: Banco Central del Ecuador.

De acuerdo a la Figura 1 en los años 2012 y 2013 se presenta una crisis en la exportación de piña ecuatoriana. El volumen exportado disminuyó considerablemente ya que de las aproximadamente 3.700 hectáreas de piña que registraba el país se dejaron de sembrar entre 600 y 1.000 hectáreas, según empresas productoras, debido a un exceso en la oferta internacional, una disminución en los precios como consecuencia de la sobreoferta, y los altos costos de producción.

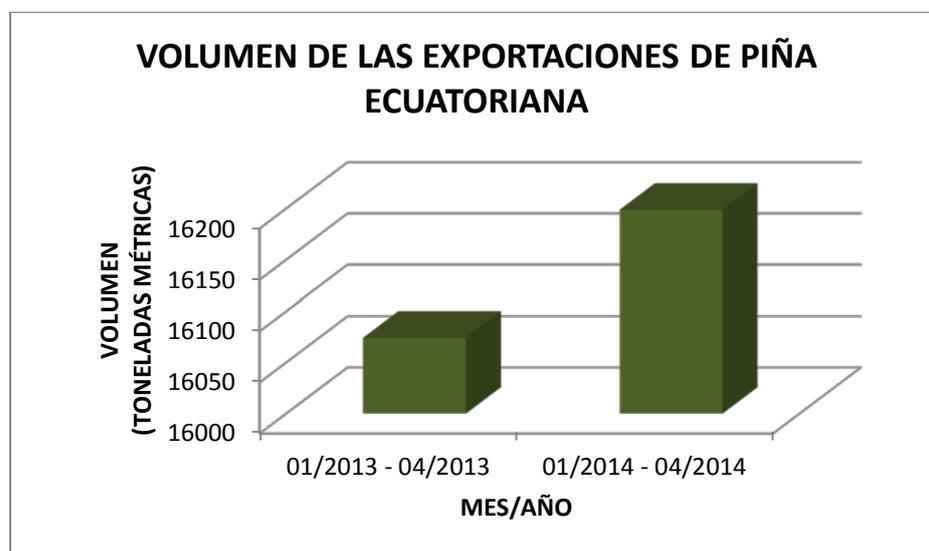
La situación para el 2014 está cambiando de manera positiva, ya que en este año el Ecuador ha ampliado el mercado de exportación de su fruta, ya que está exportando piña a más países en relación con el año pasado (2013). Según el BCE en el 2013 el Ecuador exportó piña a los siguientes países: Chile, Alemania, España, Bélgica, USA, Holanda, Rusia, Argentina, Italia y Antillas Holandesas, y en este año (2014) Ecuador está exportando piña a los países antes mencionados y también a Colombia, Nueva Zelanda, Perú, Uruguay y Reino Unido. Por tal motivo el volumen de las exportaciones de piña durante los meses de Enero a Abril del 2014 es superior al que registró en los mismos meses en el 2013, tal como lo indica la Figura 2.

Esta recuperación que está teniendo el Ecuador en sus niveles de exportación de piña se debe a que el gobierno a través del MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca) impulsó políticas para fomentar la productividad del sector agropecuario, reducir

los costos en las prácticas agrícolas y la cadena de comercialización. Además a través del sistema financiero se están otorgando créditos para la reactivación del sector agropecuario.

Según Trade Map (Centro de Comercio Internacional) Ecuador actualmente está entre los 10 principales países proveedores de piña a nivel mundial, y según PROECUADOR en el mercado ecuatoriano hay 68 empresas que actualmente están exportando piña.

Figura 2: Volumen de las exportaciones de piña ecuatoriana durante los meses de Enero a Abril del 2013 y del 2014.



Fuente: Banco Central del Ecuador.

1.3. Preparación post cosecha de la piña de exportación

La piña es un fruto no climatérico, esto quiere decir que carece de la capacidad de continuar su maduración luego de ser separado de la

planta, por lo cual se debe asegurar al momento de la cosecha que haya alcanzado un estado apropiado de madurez para su consumo, ya que el etileno (gas que se genera durante la respiración de la fruta y que es responsable de su maduración y envejecimiento) deja de coordinar los cambios organolépticos principales de la fruta (sabor, aroma, textura) después de haber sido cosechada.

La piña debe contener un mínimo de sólidos solubles de 12% y una acidez máxima del 1% para asegurar un sabor mínimo aceptable a los consumidores.

Para la preparación post cosecha de la piña de exportación se siguen las siguientes etapas:

a. Recepción de la fruta

Una vez que la fruta ha sido cosechada a un grado de maduración adecuada (entre 12 y 14 grados Brix¹), se la estiba con cuidado en carretas que luego son cubiertas con carpas para proteger a las piñas del sol (para evitar el calentamiento de la fruta) durante su transporte por medio de tractores agrícolas hasta la planta de selección y empaque.

b. Selección y lavado de la fruta

¹ Los grados Brix proporcionan una medida objetiva de la concentración de azúcar disuelto en un producto y da la idea del nivel de dulzura del mismo.

Una vez que la fruta ingresa a la planta empacadora, personal calificado procede a seleccionarla verificando que no tenga golpes ni exceso de madurez.

Los criterios de selección que debe cumplir la piña de exportación son los siguientes:

- Debe tener una sola corona.
- La corona debe de estar recta (si está torcida ya no califica).
- Debe de presentar firmeza y uniformidad en tamaño y forma.
- Debe de estar libre de pudriciones, deterioro microbiano, quemaduras a causa del sol, golpes, magulladuras, agrietamientos, daños causados por insectos o afectaciones patógenas.
- Debe estar madura tanto interna como externamente.
- Contenido de sólidos solubles: 11%-18%; acidez titulable (principalmente ácido cítrico): 0.5% -1.6%; y ácido ascórbico (vitamina C): 20mg - 65 mg/100g peso fresco, dependiendo de la variedad y estado de madurez de la piña.

El procedimiento de selección de la fruta se realiza manualmente y a simple apreciación visual.

Después que la fruta ha sido seleccionada es colocada en bandas transportadoras para que sean dirigidas hasta una piscina (tanque) que

contiene agua tratada (sulfato de aluminio + dióxido de cloro), en la cual son sumergidas para su lavado y desinfección, al mismo tiempo que ayuda a reducir la temperatura de la fruta proveniente del campo. Luego de la inmersión en el tanque se elimina el exceso de corona de las piñas.

c. Desinfección de la corona y el pedúnculo de la piña

A continuación se fumiga la corona de la fruta, esto se hace con la finalidad de eliminar toda clase de insecto que haya quedado oculto en la misma y evitar el ataque de hongos, luego se desinfecta el pedúnculo (base de la piña) con un fungicida sistémico.

d. Encerado y secado de la fruta

En ésta etapa la fruta pasa a través de una cascada de cera líquida con fungicida que la recubre. Esta capa de cera se utiliza como un sello para evitar que la fruta transpire y de ésta manera detener su proceso de maduración, evitar la pérdida de peso, y al mismo tiempo la protege de los ataques de hongos. Después del encerado la fruta pasa por el secador para sellar la cera recién aplicada y reducir aún más su temperatura.

1.4. Empaque y Transporte

e. Empacado de la fruta

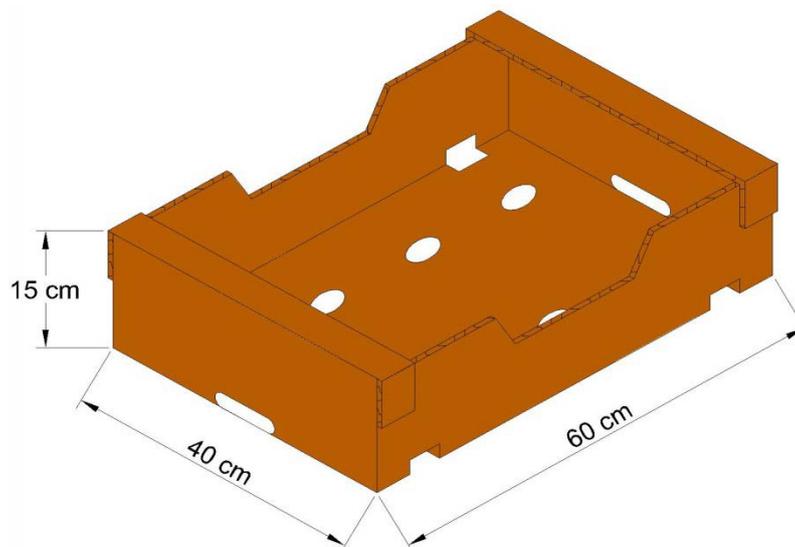
En esta etapa ya la fruta está lista para ser empacada, para esto es transportada por medio de una banda hasta la zona de empacado, en la cual las piñas se clasifican de acuerdo a su tamaño y color para ser empacadas en cajas de cartón corrugado parafinado. Dentro de una misma caja el tamaño y forma de la frutas deben ser uniformes.

Para la exportación de la piña se utilizan dos tamaños de cajas de cartón, la caja pequeña está destinada al mercado europeo y estadounidense, y la caja grande para el mercado sudamericano.

Las dimensiones de la caja de cartón grande son: 50 cm de largo x 40 cm de ancho x 25 cm de alto, y de la caja pequeña son: 60 cm de largo x 40 cm de ancho x 15 cm de alto (aproximadamente), dependiendo del calibre (tamaño) de las piñas, la caja grande puede contener de 10, 12, 14 y 16 piñas, y la caja pequeña de 5 a 10 piñas. En cada caja se empacan piñas del mismo calibre y color.

Las cajas pequeñas de cartón son de tipo bandeja, no tienen tapa, su peso aproximado es de 1,50 Kg, y poseen orificios (5% de su área total) en todos sus lados y en la base para garantizar una adecuada ventilación y enfriamiento del producto. Este tipo de caja se muestra en la siguiente figura.

Figura 3: Dimensiones de la caja de cartón pequeña tipo bandeja.



Los frutos se colocan acostados alternando la dirección de su corona dentro de la caja de cartón, con la finalidad de que las coronas sirvan de protección, después a cada fruta se le coloca una etiqueta en la corona con el nombre de la compañía comercializadora y el país de origen, esta tarea se conoce como encolillado. Cada una de las cajas una vez empacadas debe pesar entre 11,5 kg – 12,5 kg (cartón pequeño) y de 22,6 kg - 23,4 kg (cartón grande).

a. Paletizado

Una vez realizado el empaque de las frutas en las cajas de cartón, se realiza el paletizado en la cámara frigorífica de paletizado, cuya temperatura es de 13°C. La fruta ingresa a esta cámara a una temperatura aproximada de 21°C, y permanece ahí alrededor de unas 4

horas, tiempo en el cual se reduce su temperatura 4°C, con lo cual la fruta sale de esta cámara a una temperatura de 17°C, para luego ser trasladada a la cámara de pre-enfriamiento.

El paletizado consiste en colocar las cajas sobre pallets de madera de 100 x 120 x 14,5 cm hasta completar una altura de aproximadamente 2,0 m si se envían en contenedores marítimos estándar o 2,5 m para los contenedores tipo "high cube" que tienen mayor altura. Se recomienda que el paletizado no supere los 2,50 m de altura.

El pallet se lo puede armar de 14, 15 o 16 niveles de cajas, cada nivel está formado por 5 cajas, por lo tanto en cada pallet se pueden colocar entre 70 a 80 cajas.

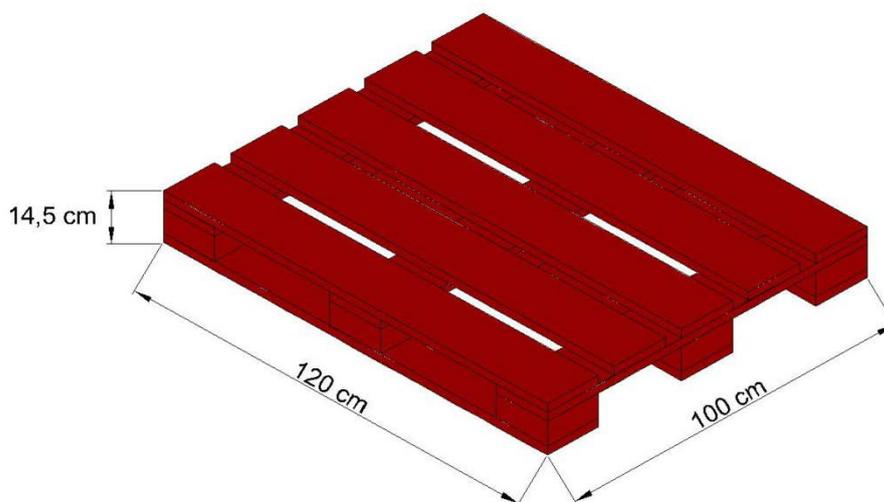
Las características de los pallets varían de acuerdo al tipo, siendo los más utilizados los siguientes:

Tabla 1: Características de los pallets.

TIPO	DIMENSIONES (cm)	PESO (Kg)	CARGA MÁXIMA (Kg)	CANTIDAD POR PILA
Pallet Universal	100 X 120	30	1200	18
Pallet Europeo	80 X 120	26	1000	18

En la siguiente figura se muestra las dimensiones del pallet que se va a utilizar para el paletizado de las cajas con la fruta.

Figura 4: Dimensiones del pallet universal.



Una vez armado el pallet con las cajas se colocan de manera vertical esquineros plásticos largos en cada una de sus esquinas para luego amarrar las cajas con flejes, en general se colocan de 6 a 8 flejes por pallet. Después de completar el paletizado se procede a poner los códigos (nombre de la empresa comercializadora, nombre del producto, variedad, origen, categoría y calibre) en cada una de sus cajas. Por último se hace toda la codificación para la trazabilidad.

a. Enfriado de la fruta

Después de haber realizado el paletizado los pallets con la fruta ingresan a una cámara de pre-enfriamiento (cuya temperatura es de 7°C) donde se reduce rápidamente la temperatura interna de la piña a 7°C con la finalidad de aumentar su vida comercial (ya que mejora su tiempo de vida, y evita la pérdida de peso y marchitez de la corona) y

para su posterior almacenamiento y transporte. Después de haber transcurrido aproximadamente unas 3 a 4 horas en la cámara de pre-enfriamiento, los pallets pasan a la cámara de conservación (con condiciones de humedad relativa de 85% - 90%, y una temperatura de 7°C a 10°C para la piña madura, y de 10°C a 13°C para la piña verde parcialmente madura) para la conservación adecuada y almacenamiento de la fruta hasta el momento de su despacho a puerto en contenedores refrigerados.

Temperaturas inferiores a 7°C producen daños por enfriamiento en la piña, especialmente cuando su grado de madurez es menor que a medio colorear. El daño se inicia a una temperatura de 6 °C y se manifiesta por la aparición de manchas café en la superficie y corona del fruto, parte de la pulpa también se torna café, adquiriendo un aroma y sabor desagradables, siendo mayor el daño en la base del fruto.

Tanto la cámara de pre-enfriamiento como la cámara de conservación deben mantenerse en condiciones óptimas de higiene para evitar el deterioro del producto debido a la incidencia de patógenos.

Las frutas como todos los seres vivos respiran, y en este proceso absorben oxígeno y desprenden CO₂ (bióxido de carbono), agua, calor y etileno. Las frutas después de ser cosechadas continúan respirando, por tal motivo la piña de exportación debe ser pre-enfriada lo más pronto

posible para alargar su duración, ya que el pre-enfriamiento de la fruta reduce:

- El calor de la fruta proveniente del campo.
- La tasa de respiración y el calor generado por el producto.
- La velocidad de maduración.
- La pérdida de humedad (agotamiento y marchitamiento).
- La producción de etileno (gas que se genera durante la respiración de la fruta).
- La difusión de la pudrición.

La respiración en las frutas depende de varios factores dentro de los cuales se pueden mencionar la especie, la variedad y el grado de maduración de la fruta, así como también la temperatura y la composición de los gases del ambiente que la rodea.

La siguiente tabla detalla el ritmo de respiración de la piña y de algunas frutas tropicales.

Tabla 2: Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales.

Ritmo de Respiración a 5°C	Productos
Bajo	Manzana, cítricos, uva, kiwi, papaya, piña, melón honeydew, sandía.
Moderado	Banana, cereza, durazno, pera, ciruela, mango, melón cantalup.
Alto	Fresa, zarzamora, frambuesa.

Fuente: Postharvest Technology of Horticultural Crops (Adel A. Kader).

La siguiente tabla proporciona la tasa de respiración de la piña a varias temperaturas.

Tabla 3: Tasa de respiración de la piña según su temperatura.

Temperatura	5°C	10°C	15°C	20°C
Tasa de Respiración (mg CO ₂ /kg*hr)	2	4 - 7	10 - 16	19 - 29

Fuente: Department of Plant and Soil Sciences, University of Hawaii at Manoa.

Al mismo tiempo que ocurre la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración, el cual aumenta conforme aumenta la temperatura. El agua que pierden las frutas cosechadas es irrecuperable y afecta la calidad de los productos, por esta razón, para regular el equilibrio de agua en las frutas y con ello evitar su deshidratación, se recomiendan humedades relativas del 85 al 95 %, en el caso de la piña debe ser de 85% a 90%, debe respetarse este intervalo de valores ya que un aumento puede causar el ataque de microorganismos, y una disminución puede ocasionar pérdida de peso. Con respecto a las condiciones de humedad, es preciso anotar que puesto que la piña transpira de manera profunda, podría marchitarse seriamente en humedades relativas menores a 85%.

Es muy importante e indispensable realizar las renovaciones de aire dentro de las cámaras frigoríficas para eliminar el calor, etileno, y CO₂

generados por la respiración de la fruta, y con ello evitar su deterioro, también se logra eliminar olores indeseables y al mismo tiempo se asegura un adecuado abastecimiento de oxígeno.

El proceso de respiración de la fruta y la ventilación excesiva pueden causar pérdidas de peso entre un 8% a 10%.

En la siguiente tabla se detalla la producción de etileno de la piña y de algunas frutas tropicales.

Tabla 4: Clasificación de algunas frutas tropicales según su tasa de producción de etileno.

CLASE	Rango de Producción de ETILENO a 20°C ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{hr}$)	PRODUCTOS
Muy bajo	< 0,1	Uva, cerezo, cítricos, fresa.
Bajo	0,1 – 1,0	Piña, melón casaba, sandía, frambuesa.
Moderado	1,0 – 10,0	Mango, guayaba, mango, melón honeydew, plátano.
Alto	10,0 – 100,0	Manzana, melón cantalup, kiwi, papaya, durazno, pera, ciruela.
Muy alto	> 100,0	Maracuyá, sapote.

Fuente: Postharvest Technology of Horticultural Crops (Adel A. Kader).

Las piñas pueden permanecer dentro de las cámaras de conservación un tiempo máximo de 3 días cuando se van a exportar a Europa y 4 días cuando es para Estados Unidos, pero por cuestiones de despacho sólo permanecen un tiempo máximo de 24 horas, por tal motivo no es común el uso de atmósferas controladas para estas cámaras.

b. Transporte

Una vez definida la salida de los barcos que van a transportar la mercadería hasta el lugar de destino, se realiza el despacho de la fruta cargando los pallets que contienen las cajas de piña dentro de contenedores refrigerados. Los pallets se deben introducir y acomodar dentro del contenedor de tal manera que queden inmóviles para una mayor estabilidad, permitan la correcta circulación del aire frío dentro del mismo, y que no sobrepasen la altura límite señalada cerca de sus puertas, se recomienda que el paletizado no supere los 2,50 m de altura. Los contenedores más usados son los de 40 pies, en el cual entran 20 pallets.

Las piñas son sensibles al polvo, la suciedad, las grasas y los aceites. Antes de proceder a cargar la fruta en los contenedores refrigerados, estos deben limpiarse, desinfectarse y ventilarse muy bien.

Al momento de trasladar los pallets con la piña desde la cámara de conservación al contenedor, éste debe tener las mismas condiciones de humedad y temperatura que la cámara de conservación, para de esta manera evitar condensaciones que pueden provocar el desarrollo de hongos en la piña. Estas condiciones se deben mantener dentro del contenedor durante su transporte.

El uso de atmósferas controladas (cuya función es variar la composición de los gases del ambiente de almacenamiento frigorífico, dando como resultado una atmósfera de conservación del producto con una composición distinta a la del aire, generalmente esto implica una reducción de la concentración de O₂ y un aumento de la concentración del CO₂) contribuye a prolongar la vida de la piña por algunas semanas durante su almacenamiento, ya que disminuye la tasa de respiración y limita la producción de etileno, por ello para su transporte en contenedores refrigerados se recomienda una concentración de aproximadamente de 3 – 5 % de O₂ y de 5 - 8 % de CO₂, de tal manera que la fruta llegue en buenas condiciones al lugar de destino.

La siguiente tabla muestra la duración máxima de almacenamiento y transporte de la piña de exportación.

Tabla 5: Condiciones de temperatura y humedad, y duración máxima durante el almacenamiento y transporte de la piña de exportación.

DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	DURACIÓN MÁXIMA DE ALMACENAMIENTO
Piñas verdes, parcialmente maduras	10 - 13°C	85 – 90%	2 – 4 semanas
Piñas maduras	7 - 10°C	85 – 90%	2 – 4 semanas

Fuente: Servicio de Información de Transporte (TIS) – Alemania.

Según la información por parte de ASOPIÑA, indica que los contenedores con destino a Estados Unidos generalmente van cargados

con 20 pallets y cada uno con 75 cajas; mientras que los que tienen de destino los países de la Unión Europea van cargados con 20 pallets que contienen 75 cajas cada uno, más 1 pallet con 60 cajas. Cuando la fruta es enviada a Chile y Argentina van en pallets con 54 cajas cada uno, y en un contenedor con 20 pallets podrían ir hasta 1.080 cajas de 22 kg cada una; y con calibres de piña de 10, 12, 14 y 16.

CAPITULO 2

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA PIÑA

2.1. Introducción

La piña es una fruta tropical, cuya planta es herbácea y perenne, compuesta de 46 géneros y 2.000 especies aproximadamente. Es originaria de Sudamérica, concretamente de Brasil, y fue introducida en Europa durante la colonización española.

Las variedades de piña más cultivadas a nivel mundial son del género Ananás y especie Comosus. Existen también, en menor grado, producciones de Ananás Sativus. Los principales países productores de piña son China, EEUU, Costa Rica, Brasil, Tailandia, Filipinas y México.

2.2. Descripción técnica

a. Taxonomía

La piña de exportación presenta la siguiente taxonomía:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Espermatofitas
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Monocotiledónea
Orden:	Farinosa
Familia:	Bromeliáceas
Género:	Ananás
Especie:	Comosus
Nombre Común:	Piña

b. Aspectos botánicos

Desde el punto de vista botánico, la piña no es un fruto verdadero, ya que, al no formar semillas, no se reproduce sexualmente. El sistema de propagación es exclusivamente por vía vegetativa a través de retoños o hijuelos.

Fisiológicamente, la piña es una fruta no climatérica, es decir, que, una vez cosechada, su grado de madurez (nivel de azúcar y acidez) no varía. Sin embargo, el color de la cáscara puede cambiar.

c. Morfología vegetal

Planta: La planta de piña posee una altura de 1 m – 1.5 m, y una base constituida por la unión compacta de varias hojas formando una roseta.

Tallo: El tallo es corto y relativamente grueso, de consistencia herbácea, está cubierto por la base de las hojas. En el ápice del tallo, se encuentra el meristema que genera las hojas durante la fase vegetativa y al culminar su crecimiento, el tallo se prolonga para formar una inflorescencia y desarrollar el fruto.

Hojas: Son gruesas, espinosas y puntiagudas, están adheridas y rodean al tallo formando un espiral compacto. Las hojas se arquean hacia afuera, a partir del centro, dispuestas de tal forma que permiten recolectar el agua y las pulverizaciones foliares eficientemente.

Flores: La inflorescencia presenta un número variable de flores de color violáceo, la apertura floral se inicia en la base de la inflorescencia y continúa hacia arriba en un periodo de 3 a 6 semanas. Las flores dan fruto sin necesidad de fecundación.

Fruto: La piña es un fruto compuesto, formado por un racimo de aproximadamente 150 a 200 pequeños frutos individuales unidos al eje central de la inflorescencia. En el extremo superior del fruto se encuentra una corona de hojas, la cual es utilizada para la propagación de la planta.

Según la variedad, el fruto puede tener forma cilíndrica o cónica más o menos alargada y pesar entre 0.5 kg - 4 kg.

d. Condiciones edafoclimáticas

La piña para su buen desarrollo requiere de las siguientes condiciones edafoclimáticas:

- Suelos bien aireados, con buen drenaje, con un pH entre 4,5 – 6,5; y ubicados a una altura máxima de 800 msnm.
- Temperatura media anual entre 25°C a 32° C.
- Precipitación pluvial anual entre 1.500 a 2.000 mm.
- La luminosidad debe ser superior a 1.200 horas de luz anual (lo recomendable es de aproximadamente unas 1.500 horas de luz anual).
- Elevada humedad ambiental (70% - 90%).
- Es susceptible al efecto de vientos fuertes, cuando son muy secos, se incrementa la transpiración de la fruta (con lo cual puede disminuir su tamaño hasta en un 25%) y produce desecamiento en el extremo de las hojas.

e. Rendimiento de la planta

Una hectárea de terreno puede producir aproximadamente 70.000 plantas de piña, y es conveniente que la plantación quede totalmente expuesta al sol, sin sombra de árboles.

El rendimiento efectivo es de 75 a 80% de piña con calidad de exportación como producto fresco, siendo el restante 15 a 25 %, fruta de

rechazo destinada al mercado nacional o a los procesos de industrialización.

La piña es un cultivo que aunque se le puede considerar perenne en el sentido que puede producir por muchos años, no es conveniente desde el punto de vista comercial (con fines de exportación) hacerlo más allá de la segunda cosecha. Esto debido principalmente a menores rendimientos y a las condiciones de los frutos en cuanto a tamaño y calidad, que reducen considerablemente el porcentaje de fruta exportable.

f. Cosecha

Se puede realizar en cualquier época del año, sin embargo la calidad no es la misma. Los frutos más ácidos se cosechan en los meses fríos, en los meses de lluvia las frutas tienen tendencia a madurar más rápido y los frutos son más propensos al ataque de patógenos. El periodo de cosecha en verano posibilita frutos de mayor calidad para la exportación en fresco y la industria.

La cosecha de la piña se la debe realizar cuando el color de la cáscara cambie del verde al amarillo en la base de la fruta, con esto se asegura el estado de maduración adecuado de la piña para su consumo.

El ciclo comercial de la piña es de 27 meses, durante el cual se cosechan dos piñas. La primera se cosecha a los 15 meses y la

segunda, 12 meses después. Una vez transcurrido este período debe eliminarse la planta para iniciar un nuevo ciclo de producción.

2.3. Variedades

La aceptación y precio de la piña en el mercado nacional e internacional depende en gran medida de la variedad de la misma.

Como características deseables de la piña se incluyen plantas sin espinas y de alto rendimiento, que produzcan frutas resistentes al manejo y transporte, que tenga atributos de calidad que coincidan con las preferencias de los consumidores y las tendencias del mercado, y con una vida comercial que les permita llegar con buena calidad hasta el cliente final.

La reproducción sexual de la piña es complicada, el 95% del mejoramiento genético se realiza a través de la selección clonal.

Los tres géneros (con su respectiva especie) botánicos de piña tropical más conocidos son:

- Ananás Sativus
- Ananás Comosus
- Ananás Lucidus

Al género Ananás de especie Comosus pertenecen todos los cultivares, variedades e híbridos de uso comercial (industria o consumo en fresco).

Los principales grupos de cultivares de piña (Ananás Comosus) más reconocidos a nivel mundial son:

- Grupo Cayenne (Cayena)
- Grupo Queen
- Grupo Spanish
- Grupo Abacaxi

Siendo las variedades de piña del grupo Cayenne las de mayor presencia en el mercado internacional.

a. Grupo Cayenne

Es originario de la Guayana francesa y se caracteriza por presentar frutos de forma cilíndrica, de aspecto exterior anaranjado rojizo al alcanzar la madurez, y pulpa interior de color dorado.

Es uno de los cultivares más extendidos por su alta rentabilidad y buena calidad de sus frutos (alto contenido en azúcares) junto a una elevada resistencia al ataque de hongos, siendo muy utilizado en la industria conservera.

Los clones más comerciales de este grupo son la Cayena lisa y la Champaca, siendo la primera la más conocida. También dentro de este grupo se encuentran las variedades Hilo, Esmeralda, Euville y Rotchild, igualmente se ha obtenido la hibridación exitosa de la variedad conocida como MD-2.

a.1. Cayena Lisa

También conocida como hawaiana, destinada al mercado de fruta fresca y con buenas cualidades para la industria; fue la variedad más plantada hasta la década de los 90.

La fruta de esta variedad es cilíndrica y grande, con un peso promedio de 2,5 Kg. La pulpa es amarilla con alto contenido de azúcares, con poca fibra, bajo nivel de acidez, muy jugosa y de sabor dulce (12.3 grados Brix).

Es una variedad bastante susceptible a enfermedades, pero se han desarrollado clones resistentes a algunas de ellas. La tecnología en piña se ha generado alrededor de esta variedad y ha tenido la supremacía del mercado mundial por más de 50 años antes de ser reemplazado por el híbrido MD2. Es la segunda variedad más cultivada a nivel mundial.

a.2. Champaca

Esta es una variedad mejorada de la Cayena lisa, pero es muy susceptible a deficiencias de hierro.

La planta de esta variedad es más vigorosa, produce pocos hijuelos, lo cual favorece para un mejor desarrollo de sus frutos, con aproximadamente un 90% de calidad exportable.

Los frutos son grandes y alcanzan un promedio de 2 Kg a los 14 a 15 meses. La pulpa es blanca, jugosa, y de buen sabor.

a.3. Híbrido MD-2

También llamada Golden Extra Sweet, el MD-2 es un híbrido derivado de la Cayena lisa con rendimientos de producción altos.

Actualmente es la de mayor auge y preferencia en el mercado internacional por sus buenas características organolépticas, logrando mayores precios que otras variedades. Es preferida para su consumo en fresco.

La planta es de crecimiento rápido (por ende su ciclo de producción es más corto), lo que conlleva a una rápida obtención de fruta comercial, ganando a la Champaca hasta tres meses en período de maduración.

La fruta es de forma cilíndrica, cuya característica es el color dorado de la cáscara a la madurez, con un peso que va desde 4 a 8 libras. La pulpa es de color amarillo intenso, firme, de sabor muy dulce y jugosa, por lo cual es considerada como una piña de alta calidad, diferente a los clones de la Cayena lisa.

Es una fruta más susceptible al daño mecánico que la Champaca y es mucho más exigente a condiciones de manejo y necesidad de nutrientes que otras variedades.

b. Grupo Queen

En este grupo tenemos los siguientes clones (variedades): Queen, Conde de Paris, Natal Queen, Ripley Queen, Alexandra y Mac-Gregor (que se sigue cultivando en Australia). Se caracteriza por tener frutos más pequeños con un peso de aproximadamente 3 libras.

En su madurez el fruto es dorado, la pulpa es más coloreada que el de la Cayena, menos ácida, y aroma más fuerte.

c. Grupo Spanish

Destinada principalmente al consumo como fruta fresca. Es resistente al manejo rudo y soporta el transporte prolongado, además, se cosecha fácil y resiste la pudrición del fruto.

Las variedades pertenecientes a este grupo son la Española Roja, Singapore Spanish, Selangor verde, Castilla y Cabezona. Siendo la Española Roja el clon más representativo de este grupo, la cual es muy cultivada en Cuba, Puerto Rico y México.

El fruto tiene forma de manzana y es muy grande, con una cáscara de color rojizo morado y llega a pesar de 1.4 - 2.5 Kg. La pulpa tiene mucho aroma, es de sabor dulce ácido y de color amarillo, además, es más fibrosa, más pálida que el de la Cayena lisa.

d. Grupo Abacaxi

Originario de Brasil y África. Pertenecen a este grupo los clones Abacaxi, Sugar loaf, Eleuthera y Pernambuco, muy difundidos en la costa de Brasil y algunas islas de las Antillas Menores.

Los frutos tienen forma cónica piramidal con un peso que oscila entre 1 – 4 Kg, tienen un elevado contenido en azúcares (13 – 17%), no son buenos para enlatado ni exportación como fruta fresca y tienen cierta tendencia a quemarse bajo el sol.

La pulpa es muy fragante, dulce y jugosa, tiene un color blanquecino a amarillo pálido y es muy frágil lo que le impide procesarse para obtener rodajas.

No resiste mal manejo, por lo que debe tratarse con sumo cuidado.

Variedades de piña que exporta el Ecuador

- La Cayena Lisa (Hawaiana) y la Champaca, utilizadas mayormente en la agroindustria.
- La MD-2, esta variedad es la que más exporta el Ecuador.

2.4. Propiedades alimenticias

El nutriente principal de la piña son los carbohidratos simples, que suponen el 11% de su peso, además, es un alimento digestivo, debido a que contiene Bromelina, una enzima que ayuda a digerir las proteínas de los alimentos. En cuanto al contenido de vitaminas se destaca la presencia de vitamina C.

La piña está constituida de 12 – 15 % de azúcares como la glucosa, fructosa y sacarosa.

Tabla 6: Composición nutricional de la piña.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA PIÑA (Por cada 100 g de fruta)	
PRINCIPIOS INMEDIATOS	CANTIDAD
Agua (g)	86
Energía (Kcal)	45
Lípidos (g)	0,12
Ceniza (g)	0,22
Proteína (g)	0,5
Carbohidratos (g)	11,5
Fibra(g)	1,2
Glucosa “Dextrosa” (g)	1,7
Fructosa (g)	1,9
Total de azucares (g)	8
MINERALES	CANTIDAD
Calcio (mg)	12
Hierro (mg)	0,5
Magnesio (mg)	14
Sodio (mg)	3
Potasio (mg)	250
Fósforo (mg)	11
Zinc (mg)	0,12
Cobre (mg)	0,11
Manganeso (mg)	0,927
Selenio (µg)	0,55
VITAMINAS	CANTIDAD
Vitamina B1 “Tiamina” (mg)	0,079
Vitamina B2 “Riboflavina” (mg)	0,032
Vitamina B6 “Piridoxina” (mg)	0,112
Vitamina E (mg)	0,1
Niacina (mg)	0,3
Vitamina C (mg)	20
Vitamina A (µg)	13

Fuente: Guía técnica para el cultivo de piña. Elaboración: UTEPI

2.5. Propiedades termodinámicas

a. Densidad (ρ)

Modelar la densidad de las frutas requiere el conocimiento de su porosidad. La porosidad se refiere al porcentaje de espacios vacíos que existen en el interior de un producto agrícola. En la piña corresponde a los espacios vacíos que se observan en su superficie interna al realizar un corte longitudinal de la cáscara. Los espacios dependen del estado de madurez de la fruta y de su variedad. Se utiliza una escala de 1 a 5, donde una fruta con porosidad 1 tiene los espacios o poros más grandes.

b. Gravedad específica o Densidad relativa (SG)

La gravedad específica se refiere a la relación entre la densidad de la fruta y la del agua a una misma temperatura. Cuando la piña es más densa que el agua (fruta sobremadura), su gravedad específica es mayor que 1, y la piña se va hacia el fondo de las pilas de lavado durante su preparación para su exportación. Por el contrario, cuando es menos densa que el agua, la piña flota. Esta característica se utiliza para separar de la línea de empaque la fruta sobremadura. Sin embargo, se debe tener cuidado porque la densidad de la piña puede variar con las condiciones climáticas y a través del año.

c. Calor específico (C_p)

El calor específico es una medida de la energía requerida para elevar en un grado la temperatura de una unidad de masa de la fruta. Por lo

tanto, el calor específico de la piña se puede utilizar para calcular la carga de calor impuesta al equipo de refrigeración (evaporador) encargado de enfriar la fruta. El calor específico de las frutas depende de su contenido de agua.

En frutas no congeladas, el calor específico es más alto que en frutas congeladas debido a la diferencia de temperaturas.

d. Conductividad térmica (λ)

La conductividad térmica relaciona la tasa de transferencia de calor por conducción con el gradiente de la temperatura. La conductividad térmica de la piña depende de varios factores tales como su composición, estructura, y temperatura.

e. Difusividad térmica (α)

Los valores experimentales determinados para la difusividad térmica de los alimentos son escasos. Sin embargo con valores apropiados de la conductividad térmica, calor específico y densidad, la difusividad térmica se puede calcular usando la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 1: } \alpha = \frac{\lambda}{\rho * C_p}$$

Dónde:

λ : Conductividad Térmica.

ρ : Densidad.

C_p : Calor Específico.

A continuación se detalla las propiedades termodinámicas de la piña fresca.

Tabla 7: Punto de congelación inicial, calor específico sobre y bajo congelación, y calor latente de fusión de la piña fresca.

FRUTA	Punto de Congelación Inicial (°C)	Calor Específico arriba del punto de congelación, C_p KJ/(Kg*K)	Calor Específico abajo del punto de congelación, C_p KJ/(Kg*K)	Calor Latente de fusión KJ/Kg
Piña Fresca	- 1,0	3,85	1,91	289

Fuente: 2006 ASHRAE Handbook – Refrigeration.

Tabla 8: Propiedades térmicas de la piña fresca.

FRUTA	Agua (%)	Temperatura, T (°C)	Densidad, ρ (Kg/m ³)	Conductividad Térmica, λ (W/m*K)	Difusividad Térmica, α (m ² /s)
Piña Fresca	84,9	27	1010	0,549	$1,41 * 10^{-07}$

Fuente: Procesamiento de alimentos, Carlos Eduardo Orrego.

Reemplazando los valores de la densidad, conductividad térmica y calor específico en la ecuación 1 se obtiene la difusividad térmica de la piña, cuyo valor es:

$$\alpha = \frac{0,549}{1010 * 3,85} = 1,41 * 10^{-07} \text{ m}^2/\text{s}$$

CAPITULO 3

3. DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA

Ubicación

La planta frigorífica para exportación de piña que se va a diseñar va a estar ubicada en la vía Quinde de la parroquia Valle Hermoso perteneciente a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la cual se va a instalar dentro de un galpón, por lo cual no habrá incidencia directa de los rayos solares sobre las paredes y tumbados de las cámaras de refrigeración.

La selección del sitio para la ubicación de la planta frigorífica se la realizó tomando en cuenta la buena calidad de tierras y clima adecuado que posee la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas para el cultivo de la piña, además, es la segunda provincia después de Guayas en cultivar este tipo de fruta.

Las condiciones climáticas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se dan en la siguiente tabla:

Tabla 9: Condiciones climáticas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

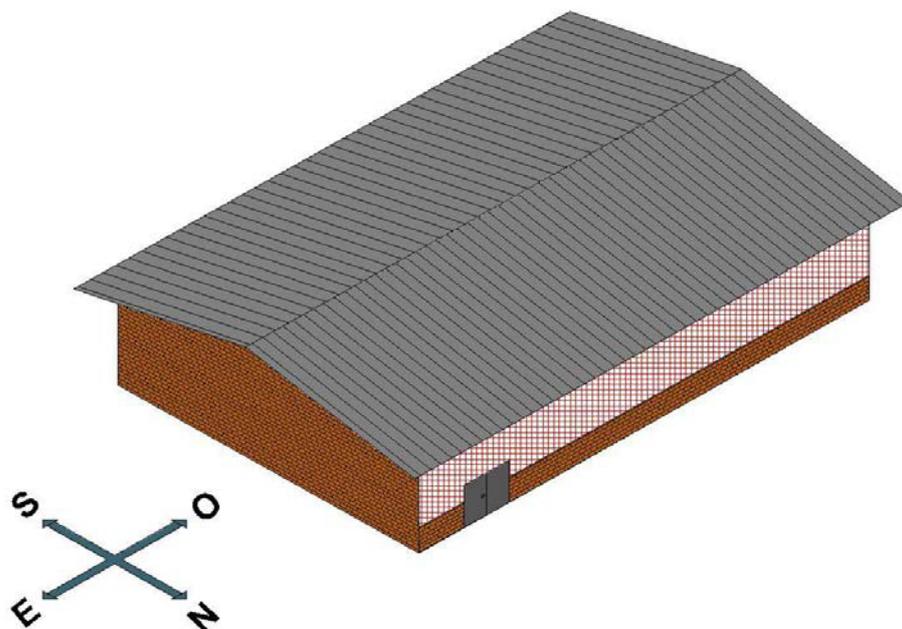
Temperatura ambiente promedio, $\bar{T}_{Amb.}$	25°C
Humedad relativa ambiente promedio, $\bar{\Psi}$	87%

Fuente: Inamhi

Orientación

El galpón donde se va a instalar las cámaras frigoríficas va a estar orientado tal como lo indica la Figura 5.

Figura 5: Orientación del galpón que va a contener a las cámaras frigoríficas.



El galpón en sus dos lados laterales posee una malla metálica para permitir que haya una buena aireación dentro del mismo.

Tomando en consideración que el sol sale por el Este y se oculta por el Oeste, se puede apreciar en la Figura 5 que no habrá incidencia directa de los rayos solares sobre las paredes y tumbados de las cámaras frigoríficas.

Determinación de la cantidad de producto a almacenar frigoríficamente

La planta frigorífica va a constar de una cámara de paletizado, una cámara de pre-enfriamiento, y dos cámaras de conservación de iguales dimensiones y capacidad de almacenamiento. La cámara de conservación A estará destinada para el almacenamiento permanente de la piña, y la cámara de conservación B entrará en funcionamiento sólo en caso de que se produzca alguna falla en el sistema de refrigeración de la cámara de conservación A o cuando haya sobreproducción de la fruta.

Para determinar las dimensiones requeridas de la cámara de paletizado, la cámara de pre-enfriamiento, y las dos cámaras de conservación, se lo va a realizar en base al valor promedio de la cantidad de cajas de piña de la variedad MD-2 que exportan dos empresas representativas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cuya información es la siguiente:

- Empresa Terrasol: Cuya Hacienda Gapaca (ubicada en en el Recinto Riobambeños del Chilimpe de la Cabecera Cantonal de Santo

Domingo) exporta aproximadamente 12.900 cajas de piña semanalmente.

- Empresa SSMOCOMX: Cuya hacienda llamada Rancho San Gabriel (ubicada en el Km 19 de la vía Quinde de la Parroquia Valle Hermoso) exporta aproximadamente 20.700 cajas de piña semanalmente.

Por lo tanto la cantidad referencial a almacenar frigoríficamente durante el transcurso de toda la semana es de 16.800 cajas de piña. Por cuestiones de despacho el tiempo de permanencia de la fruta dentro de la cámara de conservación es de máximo 24 horas, con lo cual se almacenaría diariamente en la misma 2.400 cajas de piña.

3.1. Cálculo de las dimensiones requeridas para la cámara frigorífica

Consideraciones que se debe tomar en cuenta para realizar el dimensionamiento de las cámaras que conforman la planta frigorífica.

1. Para evitar que la piña pierda humedad la velocidad del aire proveniente del evaporador de tiro forzado no debe ser superior a 0,25 m/s.
2. Distancias usuales utilizadas en la distribución del espacio interior de las cámaras frigoríficas:
 - 0,50 m entre el evaporador y la primera carga.

- 10 - 15 cm entre hileras de pallets ubicadas en el sentido del flujo de aire.
- 40 cm de distancia entre las paredes laterales y las hileras de pallets ubicadas junto a estas.
- De 0,5 a 1 m de separación entre la parte superior del pallet y el techo.
- De 2 a 3 m para los pasillos de circulación.

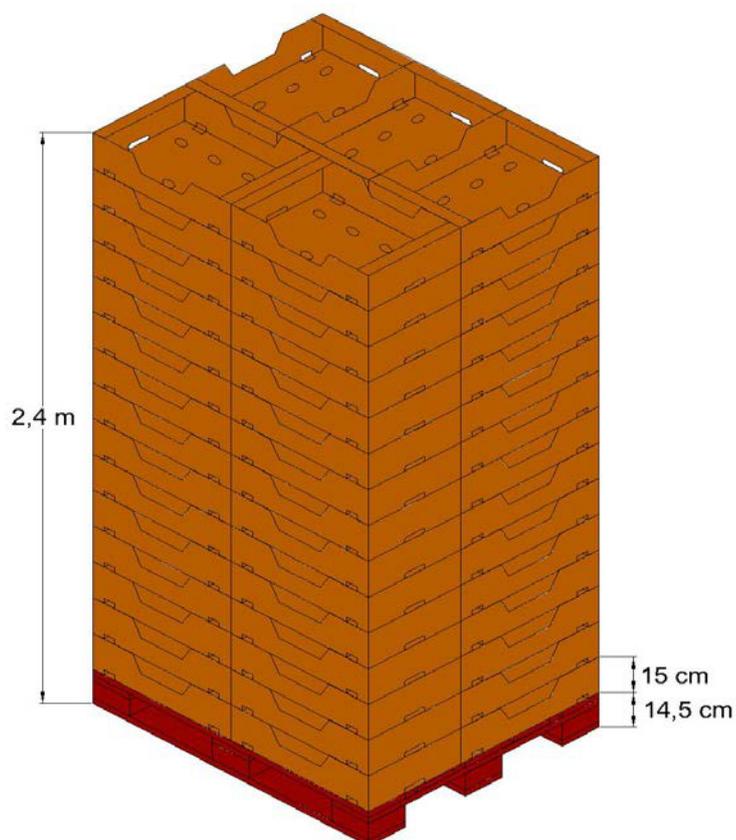
3. Dimensiones del embalaje de la piña y el pallet:

- Dimensiones de la caja de cartón pequeña tipo bandeja para el embalaje de las piñas: 60 cm de largo x 40 cm de ancho x 15 cm de alto.
- Dimensiones del Pallet Universal de madera: 120 x 100 x 14,5 cm.

Cada pallet va a contener 75 cajas con lo cual se tiene 15 niveles de cajas, ya que cada nivel está formado por 5 cajas la altura total del pallet armado con las cajas, tal como se aprecia en la Figura 6, es de:

$$H_{\text{Total Pallet}} = (15 \times 15) + 14,5 = 239,5 \text{ cm} = 2,4 \text{ m}$$

Figura 6: Dimensiones del pallet armado con las cajas tipo bandeja.



Para el transporte de los pallets armados con las cajas de piña dentro de las cámaras se lo va a realizar utilizando un patín hidráulico (Figura 7) cuya capacidad de carga es de 3.000 Kg y sus dimensiones son: largo = 1.220 mm y ancho = 685 mm.

Figura 7: Patín hidráulico.



Para determinar las dimensiones de las cámaras frigoríficas se lo va hacer en base a las siguientes consideraciones:

- El largo de todas las cámaras va a estar restringido a la longitud de la hilera de pallets, al espacio requerido para movilización de los mismos y del personal, y al alcance del tiro o flecha de aire forzado de los ventiladores del evaporador.
- La altura de todas las cámaras es de 3,4 m ya que la altura del pallet armado con las 75 cajas de piña es de 2,4 m, y la separación entre la parte superior del pallet con el techo de la cámara es de 1 m.
- El ancho de todas las cámaras va a estar restringido al número de hileras de pallets y al espacio requerido para movilización de los mismos y del personal.

a. Dimensionamiento de la Cámara de Paletizado

Para el dimensionamiento de esta cámara se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

Aproximadamente 2 personas se demoran media hora en armar 1 pallet con las cajas de piña, y en 8 horas de trabajo diario armarán 16 pallets. En total dentro de esta cámara van a trabajar 4 personas, por lo tanto en un día de trabajo armarán 32 pallets que serán almacenados por día dentro de la cámara de conservación.

Los 4 trabajadores en la cámara de paletizado pueden armar 16 pallets en 4 horas, los cuales son ingresados al mismo tiempo a la cámara de pre-enfriamiento, donde permanecen aproximadamente 4 horas, en el transcurso de este tiempo los trabajadores armarán 16 pallets más. Por lo tanto las dimensiones de la cámara de paletizado serán en base a los 16 pallets que deben armar los 4 trabajadores en 4 horas, mientras transcurre el mismo tiempo de espera obligatoria en la cámara de pre-enfriamiento antes de que puedan ser ingresados a la misma. La distribución de los pallets dentro de esta cámara se la va a realizar formando 2 hileras paralelas, cada una con ocho pallets.

Por lo tanto las dimensiones de la cámara de paletizado son:

Largo: 12,10 m. Por lo tanto se va a emplear en ésta cámara un evaporador de doble flujo con un tiro de aire mínimo de 6 m (tiro total de

12 m).

Altura: 3,4 m.

Ancho: 5,10 m.

La distribución de los pallets, el número de puertas, y el dimensionamiento de la cámara de paletizado se indica en el Plano 1.

b. Dimensionamiento de la Cámara de Pre-enfriamiento

La capacidad de alojamiento de la cámara de pre-enfriamiento va a ser para 16 pallets, ya que cada 4 horas se debe ingresar a esta cámara la misma cantidad de pallets, como ya se estableció en el dimensionamiento de la cámara de paletizado. La distribución de los pallets dentro de esta cámara se la va a realizar formando 2 hileras paralelas, cada una con ocho pallets.

Por lo tanto las dimensiones de la cámara de pre-enfriamiento son:

Largo: 12,10 m. Por lo tanto se va a emplear en ésta cámara un evaporador cúbico con un tiro de aire mínimo de 12 m.

Altura: 3,4 m.

Ancho: 4,5 m.

La distribución de los pallets, el número de puertas, y el dimensionamiento de la cámara de pre-enfriamiento se indica en el Plano 1.

c. Dimensionamiento de las Cámaras de Conservación

Para ambas cámaras se tiene:

Diariamente se va a almacenar en la cámara 2.400 cajas de piña, y cada pallet va a contener 75 cajas, por lo tanto el número de pallets a ingresar en la cámara es de 32.

La distribución de los pallets dentro de la cámara se la va a realizar formando 4 hileras paralelas, cada una con ocho pallets.

Por lo tanto las dimensiones de las cámaras de conservación son:

Largo: 12,10 m. Por lo tanto se va a emplear en ésta cámara un evaporador cúbico con un tiro de aire mínimo de 12 m.

Altura: 3,4 m.

Ancho: 6,7 m.

La distribución de los pallets, el número de puertas, y el dimensionamiento de las cámaras de conservación se indica en el Plano 1.

Aislamiento térmico

Los aislantes térmicos son materiales caracterizados por su alta resistencia térmica, lo que les permite oponerse en gran medida al paso del calor a través de los mismos. Un material termoaislante posee baja conductividad térmica, ya que esta es inversamente proporcional a su resistencia térmica.

Uno de los mejores aislantes térmicos es el vacío, en el que el calor sólo se transmite por radiación, pero debido a la gran dificultad para obtener y mantener condiciones de vacío se emplea en muy pocas ocasiones.

Clasificación de los aislamientos térmicos

Es imposible enumerar todos los materiales aislantes utilizados en la industria frigorífica ya que son muy numerosos, por lo que en la siguiente tabla se describe brevemente la clasificación de los termoaislantes de acuerdo a su origen.

Tabla 10: Clasificación de los aislantes térmicos.

ORIGEN	REINO	 AISLANTES
Inorgánico	Mineral	Kieselguhr, amianto, fibra de vidrio, lana mineral, vidrio celular.
Orgánico Contemporáneo	Vegetal	Corcho, algodón, kapok, fibra de madera, goma-espuma, crin vegetal.
	Animal	Fieltro, lana, seda, crin animal.
Orgánico Geológico	Celulares (Materiales Sintéticos)	Poliestireno expandido, Poliestireno extruido, Cloruro de polivinilo expandido (PVC), Espuma de poliuretano, Espuma de Poliisocianurato, Espumas fenólicas.

Los aislantes térmicos celulares de poliestireno expandido y extruido, y la espuma rígida de poliuretano y de poliisocianurato, dispuestos en paneles frigoríficos tipo sándwich son los más utilizados para la construcción del cerramiento (paredes y techo) de las cámaras frigoríficas.

A continuación se describen estos tipos de termoaislantes:

a. Poliestireno Expandido (EPS)

El poliestireno expandido se elabora a partir de diversos productos obtenidos por la destilación del petróleo. Se trata de un material plástico celular, y rígido, fabricado a partir del moldeo de perlas de poliestireno expandible, cuyo agente de expansión es el pentano.

El 98% del contenido del poliestireno expandido es aire, debido a que en el proceso de su obtención, las perlas de poliestireno que lo conforman se inflan hasta alcanzar entre 40 – 50 veces su tamaño original, con lo cual le confiere una alta capacidad de aislamiento térmico.

b. Poliestireno Extruido (XPS)

El poliestireno extruido comparte muchas características con el poliestireno expandido, pues su composición química es idéntica. La diferencia radica únicamente en el proceso de producción; uno se hace por expansión, y el otro se hace por extrusión del polímero. Esta diferencia es crucial, ya que el extrusionado produce una estructura celular cerrada, con lo cual no quedan espacios vacíos donde pueda penetrar el agua, lo que lo convierte en el único aislante térmico capaz de mojarse sin perder sus propiedades, ya que presenta una absorción de agua prácticamente inexistente.

c. Espuma Rígida de Poliuretano (PUR)

Es un compuesto polimerizado, producto de la unión de 2 componentes líquidos (isocianato y polioliol) con un agente espumante (R-11). Estos elementos forman una espuma, que al efectuarse una reacción exotérmica (desprendimiento de calor) y hervir el refrigerante 11 mezclado, da lugar a la creación de células o alveolos plásticos llenos en su interior de dicho refrigerante, con lo cual se obtiene un producto rígido que posee una estructura celular, con un volumen muy superior al que ocupaban los productos líquidos.

La espuma rígida de poliuretano es un material plástico, sintético, duro, y sólo el 3% de su volumen es materia sólida, lo que le confiere ser un material muy aislante.

El Poliuretano habitualmente utilizado en paneles frigoríficos tipo sándwich es de celda cerrada, es decir, tiene un contenido de celdas cerradas superior al 90%. El tipo de celda es rígida.

d. Espuma Rígida de Poliisocianurato (PIR)

Es un material de un desarrollo más reciente que el poliuretano, con características similares a este. Las espumas de poliisocianurato difieren de las espumas de poliuretano puro (PUR) solo en la relación de mezcla de los componentes, esto es polioliol e isocianato. Esta relación es de aproximadamente 100:150 en comparación con el 100:100 para el PUR. Por lo tanto, hay más isocianato en el PIR que en el PUR. Esta

diferencia de composición le confiere al PIR una mejor estabilidad térmica y resistencia a la combustión que el PUR, pero con una resistencia a la compresión inferior. El tipo de celda del PIR es rígida, pero más cristalizada que la del PUR.

Actualmente el uso de las espumas de PIR es bastante limitado debido a su alto costo.

3.2. Selección y cálculo del aislamiento

La selección del aislante térmico va a ser entre el poliestireno y poliuretano, ya que poseen buenas cualidades aislantes, y son muy utilizados en paneles frigoríficos tipo sándwich para la construcción del cerramiento de las cámaras frigoríficas.

El material aislante a ser seleccionado debe reunir en lo posible las siguientes características:

- Baja conductividad térmica.
- Buena estabilidad dimensional para un amplio rango de temperaturas de empleo.
- Ligero y no higroscópico, a fin de conservar sus cualidades aislantes constantes con el transcurrir del tiempo.
- Imputrescible.

- Inodoro, a fin de que no despidan olores a los productos almacenados. Por otro lado también no debe ser sensible a la captación de olores.
- Neutro frente a otros materiales (madera, acero, materias plásticas, albañilería) empleados en la construcción de las cámaras frigoríficas o en los paneles aislantes prefabricados.
- Ininflamable e ignífugo.
- Plástico para resistir sin romperse las configuraciones de la obra, o para adaptarse a dichas formas.
- Resistentes a la compresión (carga sobre el suelo de las cámaras frigoríficas).
- Muy poco permeable al vapor de agua con la finalidad de evitar condensaciones o congelaciones del mismo en el interior del aislante.
- Muy baja absorción de agua.
- Buena resistencia a la acción de los organismos vivos (hongos, insectos, ratones, etc).
- Bajo precio.

Tabla 11: Propiedades de aislamientos térmicos.

AISLANTES TÉRMICOS MODERNOS MÁS USADOS EN LOS PANELES FROGORÍFICOS TIPO SANDWICH									
TIPO	PROPIEDADES								
	Presentación	Densidad (Kg/m ³)	Conductividad Térmica (W/m ² *K)	Absorción de agua	Resistencia a la Compresión * (KPa)	Resistencia al fuego	Estabilidad Dimensional (°C)	Factor de Resistencia al Vapor de agua, μ	
Poliestireno Expandido (EPS)	Panel	10 - 35	0,029 - 0,050	< 5%	65 - 240	E	-45 a +85	20 - 60	
Poliestireno Extruido (XPS)	Panel	25 - 45	0,029 - 0,038	<=0,7%	300 - 700	E	-60 a +75	100 - 220	
Espuma Rígida de Poliuretano (PUR)	Panel	30 - 70	0,022 - 0,028	< 3%	160 - 280	C	-29 a +90	60 - 150	
Espuma Rígida de Polisisocianurato (PIR)	Panel	30 - 50	0,026 - 0,029	<= 2%	150 - 250	B	-40 a +120	60 - 150	

Fuente: Aipex

* 1KPa = 0,0102 Kg/cm²

Después de realizar una comparación analítica entre las propiedades de los termoaislantes de la Tabla 11, se establece que el más idóneo para la construcción del cerramiento de las cámaras frigoríficas es la Espuma Rígida de Poliuretano (PUR), debido a las siguientes cualidades que presenta:

- Tiene una mayor densidad, y por ende posee el coeficiente más bajo de conductividad térmica, por lo cual, para una misma aplicación, se puede utilizar planchas de menor espesor que la de los otros termoaislantes. Debido a su elevado poder aislante también permite obtener un importante ahorro energético de operación de los equipos de la cámara frigorífica, y por ende una disminución de costos.
- Posee una mejor resistencia al fuego en comparación al EPS y XPS, siendo sólo superado por el PIR, ya que según la norma UNE – EN 13501-1 (Euroclases), la clase B, es para designar a un material combustible con una contribución muy limitada al fuego, la clase C, para designar a un material combustible con una limitada contribución al fuego, y la clase E, para designar a un material combustible con una alta contribución al fuego.
- Presenta un buen rango de estabilidad térmica dimensional, lo cual es suficiente en relación a las necesidades de temperatura dentro de las cámaras.

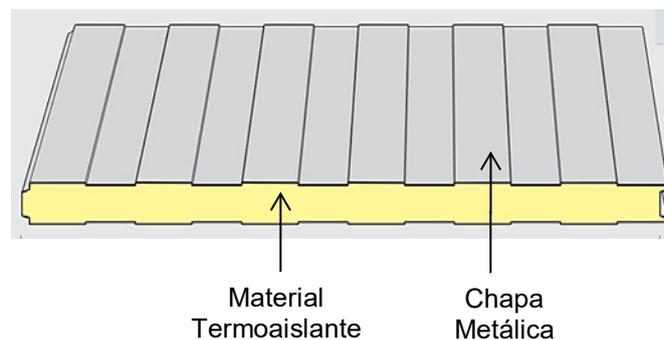
- Tiene una buena resistencia a la compresión, la cual es suficiente para soportar el peso de la losa de hormigón al momento de construir el piso de las cámaras, el peso de los pallets con las cajas de piña, y el peso de los trabajadores que entran a la cámara y del patín hidráulico.
- Tiene una elevada resistencia a la penetración del vapor de agua. Esta característica es muy importante ya que el vapor de agua modifica el comportamiento de un aislante, aumentando el valor de su conductividad térmica e incrementando así las pérdidas energéticas y el riesgo de condensaciones.
- Tiene una muy buena durabilidad, debido a su alta resistencia a la absorción de agua.
- En el mercado el panel frigorífico tipo sándwich EPS cuesta menos que los paneles PUR, PIR, y XPS, pero el panel PUR destaca por sus propiedades sobre los otros, además de que su precio es inferior al de los paneles XPS y PIR.

Otras características importantes que tiene la Espuma Rígida de Poliuretano son:

- Impide el crecimiento de hongos y bacterias.
- Elevada resistencia a los agentes químicos, tanto de naturaleza orgánica (disolventes, derivados del petróleo), como inorgánicos (ácidos y bases débiles).

El panel frigorífico tipo sándwich (Figura 8) que se va a utilizar para la construcción del cerramiento de las cámaras está formado por un núcleo central aislante (espuma rígida de poliuretano), el cual está unido a dos chapas exteriores metálicas, generalmente de acero galvanizado, aluminio, o poliéster.

Figura 8: Panel frigorífico tipo sándwich.



Estas chapas metálicas actúan como barreras antivapor, proveen de mayor rigidez al panel, y evitan la degradación del núcleo aislante (PUR), logrando de esta manera una alta durabilidad del mismo.

Coefficiente global de transferencia de calor de una pared (K)

Este coeficiente determina la cantidad de calor que atraviesa una pared por metro cuadrado de su superficie, por hora y por grado centígrado de diferencia de temperatura entre los dos medios o ambientes que esta separa.

Para calcular este coeficiente se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 2: } K = \frac{1}{\frac{1}{h_{int}} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_{ext}}} \quad (\text{Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C})$$

Dónde:

h_{int} : Coeficiente de convección en la superficie interior de la pared de la cámara dado en Kcal/m²hr°C.

h_{ext} : Coeficiente de convección en la superficie exterior de la pared de la cámara dado en Kcal/m²hr°C.

e : Espesor de cada material que conforman la pared dado en metros.

λ : Coeficiente de conductividad térmica de cada material que conforman la pared dado en Kcal/m.hr.°C.

En la práctica se adoptan los siguientes valores para los coeficientes h_{int} y h_{ext} :

$h = 20$ Kcal/m²hr°C: Pared en contacto con el aire exterior.

$h = 15$ Kcal/m²hr°C: Pared en contacto con el aire de una cámara muy ventilada.

$h = 10$ Kcal/m²hr°C: Pared en contacto con el aire de una cámara ligeramente ventilada.

$h = 7$ Kcal/m²hr°C: Pared en contacto con el aire de una cámara no ventilada.

Cálculo del espesor del aislamiento térmico del cerramiento de las cámaras frigoríficas

El cerramiento de una cámara frigorífica está conformado por las paredes, piso y techo de la misma.

Se debe tener en cuenta que el aislamiento térmico no elimina totalmente la transferencia de calor a través del mismo, sino que simplemente la reduce.

Mientras más grande sea el espesor de un aislamiento, menor será la transferencia de calor, pero también más elevado será su costo; por otro lado, si el espesor del aislamiento es inferior al adecuado representará costos elevados de operación de los equipos de la instalación frigorífica de la cámara.

De una manera general el aislamiento es tolerable cuando la cantidad de calor que atraviesa la pared que lo conforma es aproximadamente igual a 8 o 10 Kcal por metro cuadrado de su superficie y por hora, según la diferencia de temperatura (ΔT) entre los dos medios separados por esta pared.

Para calcular el espesor adecuado del aislamiento se lo realiza en función de valores tabulados del coeficiente global de transferencia de calor (K), que han sido desde el punto de vista económico, aceptados por la experiencia.

Prácticamente se puede admitir una relación lineal entre ΔT y K , tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12: Relación lineal entre ΔT y K

RELACIÓN LINEAL ENTRE ΔT y K						
ΔT (°C)	60 y más	50	40	30	20	10
K (Kcal/m ² hr°C)	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40

Para calcular la diferencia de temperatura (ΔT) entre dos medios o ambientes separados por una pared se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 3: $\Delta T = T_{MSEP} - T_{MSIP}$

Dónde:

T_{MSEP} : Temperatura del medio que se encuentra sobre la superficie exterior de la pared.

T_{MSIP} : Temperatura del medio que se encuentra sobre la superficie interior de la pared.

3.2.1. Espesor del aislamiento de las paredes

Para la construcción de las paredes de todas las cámaras se va a utilizar paneles frigoríficos prefabricados tipo sándwich, los cuales están formados por un núcleo central aislante (espuma rígida de poliuretano), y unidos a dos chapas exteriores de acero galvanizado.

En la siguiente tabla se da el espesor y conductividad térmica de los materiales que conforman el panel.

Tabla 13: Espesor y conductividad térmica de los materiales que conforman el panel frigorífico.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (Kcal/m.hr.°C)	ESPESOR (mm)
Espuma Rígida de Poliuretano (PUR)	0,019	e_{PUR}
Acero Galvanizado	11	0,5

En base a la ecuación 2 y de acuerdo a los materiales que componen el panel frigorífico, se tiene la siguiente ecuación para calcular el espesor del aislamiento de la pared.

$$\text{Ecuación 4: } K_{pared} = \frac{1}{\frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{AG}}{\lambda_{AG}} + \frac{e_{PUR}}{\lambda_{PUR}} + \frac{e_{AG}}{\lambda_{AG}} + \frac{1}{h_{ext}}}$$

Donde los subíndices de la conductividad térmica y el espesor (λ y e) representan el tipo de material que conforman el panel, siendo estos:

$_{AG}$: Acero Galvanizado.

$_{PUR}$: Espuma Rígida de Poliuretano.

a. Cálculo del espesor del aislamiento de las paredes de la Cámara de Pre-enfriamiento

En base a la orientación de la cámara de pre-enfriamiento, tal como lo indica el plano 1, se tiene lo siguiente:

Pared Este

Datos:

Temperatura de la Cámara de Paletizado: 13°C

Temperatura de la Cámara de Pre-enfriamiento: 7°C

Temperatura exterior promedio: 25°C

La cámara de paletizado es ligeramente ventilada y la cámara de pre-enfriamiento es muy ventilada, por lo tanto se tiene:

$h_{ext} = 10 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie exterior de la pared está en contacto con el aire de la cámara de paletizado.

$h_{int} = 15 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie interior de la pared está en contacto con el aire de la cámara de pre-enfriamiento.

La diferencia de temperatura (ΔT) entre los dos medios separados por la pared de acuerdo a la ecuación 3 es: $\Delta T = 13 - 7 = 6^\circ\text{C}$

Por lo tanto con este valor de ΔT y en base a la Tabla 12 se hace una interpolación para hallar el valor del coeficiente global de transferencia de calor de la Pared Este de la cámara de pre-enfriamiento, el cual es: $K_{\text{Pared Este}} = 0,42 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

Reemplazando este valor, los coeficientes de convección, y los valores de los espesores y conductividades térmicas de los materiales que conforman el panel frigorífico en la ecuación 4 se tiene:

$$0,42 = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,0005}{11} + \frac{e_{PUR}}{0,019} + \frac{0,0005}{11} + \frac{1}{10}}$$

$$e_{PUR} = 0,042 \text{ m} = 4,2 \text{ cm}$$

Con este valor y en base al catálogo de paneles frigoríficos de la empresa Instapanel Cintac del Anexo 2, se selecciona el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

Pared Norte

Datos:

Temperatura de la Cámara de Pre-enfriamiento: 7°C

Temperatura exterior promedio: 25°C

$h_{ext} = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie exterior de la pared está en contacto con el aire exterior.

$h_{int} = 15 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie interior de la pared está en contacto con el aire de la cámara de pre-enfriamiento, la misma que es muy ventilada.

Diferencia de temperatura: $\Delta T = 25 - 7 = 18^\circ\text{C}$

Coeficiente de la pared Norte de esta cámara: $K_{\text{Pared Norte}} = 0,36 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

Por lo tanto:

$$0,36 = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,0005}{11} + \frac{e_{PUR}}{0,019} + \frac{0,0005}{11} + \frac{1}{20}}$$

$$e_{PUR} = 0,050 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

Con este valor y en base al catálogo del Anexo 2, se selecciona el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

Pared Sur

Ya que la superficie exterior de la pared sur está en contacto con el medio ambiente al igual que la superficie exterior de la pared norte tal como se puede apreciar en el Plano 1, el espesor del aislamiento para esta pared es el mismo que el que se calculó para la pared norte, el cual es 5 cm. Por lo tanto también se emplea para esta pared el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

Pared Oeste

Datos:

Temperatura de la Cámara de Pre-enfriamiento: 7°C

Temperatura de la Cámara de Conservación: 10°C

$h_{ext} = 15 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie exterior de la pared está en contacto con el aire de la cámara de conservación, la misma que es muy ventilada.

$h_{int} = 15 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie interior de la pared está en contacto con el aire de la cámara de pre-enfriamiento., la misma que es muy ventilada.

Diferencia de temperatura: $\Delta T = 10 - 7 = 3^\circ\text{C}$

Coeficiente de la pared Oeste de esta cámara: $K_{\text{Pared Oeste}} = 0,434 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

Por lo tanto:

$$0,434 = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,0005}{11} + \frac{e_{PUR}}{0,019} + \frac{0,0005}{11} + \frac{1}{15}}$$

$$e_{PUR} = 0,041 \text{ m} = 4,1 \text{ cm}$$

Con este valor y en base al catálogo del Anexo 2, se selecciona el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

b. Cálculo del espesor del aislamiento de las paredes de la Cámara de Paletizado

En base a la orientación de la cámara de paletizado, tal como lo indica el Plano 1, se tiene lo siguiente:

Pared Este

Datos:

Temperatura de la Cámara de Paletizado: 13°C

Temperatura exterior promedio: 25°C

$h_{ext} = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie exterior de la pared está en contacto con el aire exterior.

$h_{int} = 10 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie interior de la pared está en contacto con el aire de la cámara de paletizado, la misma que es ligeramente ventilada.

Diferencia de temperatura: $\Delta T = 25 - 13 = 12^\circ\text{C}$

Coeficiente de la pared Este de esta cámara: $K_{\text{Pared Este}} = 0,39 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

Por lo tanto:

$$0,39 = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{0,0005}{11} + \frac{e_{PUR}}{0,019} + \frac{0,0005}{11} + \frac{1}{20}}$$

$$e_{PUR} = 0,046 \text{ m} = 4,6 \text{ cm}$$

Con este valor y en base al catálogo del Anexo 2, se selecciona el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

Pared Norte y Pared Sur

Ya que las superficies exteriores de las paredes Norte y Sur están en contacto con el medio ambiente al igual que la superficie exterior de la pared Este tal como se puede apreciar en el Plano 1, el espesor del aislamiento para estas paredes es el mismo que el que se calculó para la pared Este, el cual es 4,6 cm. Por lo tanto también se emplea para estas paredes el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

Pared Oeste

La pared Oeste de la cámara de paletizado es la misma pared Este de la cámara de pre-enfriamiento, ya que ambas cámaras están unidas compartiendo esta pared, tal como se aprecia en el Plano 1.

c. Cálculo del espesor del aislamiento de las paredes de la Cámara de Conservación A

En base a la orientación de la cámara de conservación A, tal como lo indica el Plano 1, se tiene lo siguiente:

Pared Oeste

Datos:

Temperatura de la Cámara de Conservación A: 10°C

Temperatura exterior promedio: 25°C

$h_{ext} = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie exterior de la pared está en contacto con el aire exterior.

$h_{int} = 15 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie interior de la pared está en contacto con el aire de la cámara de conservación, la misma que es muy ventilada.

Diferencia de temperatura: $\Delta T = 25 - 10 = 15^\circ\text{C}$

Coeficiente de la pared Oeste de esta cámara: $K_{\text{Pared Oeste}} = 0,375 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

Por lo tanto:

$$0,375 = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,0005}{11} + \frac{e_{PUR}}{0,019} + \frac{0,0005}{11} + \frac{1}{20}}$$

$$e_{PUR} = 0,048 \text{ m} = 4,8 \text{ cm}$$

Con este valor y en base al catálogo del Anexo 2, se selecciona el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

Pared Norte y Pared Sur

Ya que las superficies exteriores de las paredes Norte y Sur están en contacto con el medio ambiente al igual que la superficie exterior de la pared Oeste tal como se puede apreciar en el Plano 1, el espesor del aislamiento para estas paredes es el mismo que el que se calculó para la pared Oeste, el cual es 4,8 cm. Por lo tanto también se emplea para estas paredes el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

Pared Este

La pared Este de la cámara de conservación A es la misma pared Oeste de la cámara de pre-enfriamiento, ya que ambas cámaras están unidas compartiendo esta pared, tal como se aprecia en el Plano 1.

d. Cálculo del espesor del aislamiento de las paredes de la Cámara de Conservación B

Pared Norte, Sur, Este y Oeste

Ya que las superficies exteriores de las paredes Norte, Sur, Este y Oeste de esta cámara están en contacto con el medio ambiente al igual que la superficie exterior de la pared Oeste de la cámara de conservación A, tal como se puede apreciar en el Plano 1, el espesor del aislamiento para estas paredes es el mismo que el que se calculó para la pared Oeste de la cámara de conservación A, el cual es 4,8

cm. Por lo tanto también se emplea para estas paredes el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

3.2.2. Espesor del aislamiento del techo y de la puerta

Para la construcción de los techos o tumbados se va a utilizar el mismo tipo de panel frigorífico que se utilizó para las paredes de las cámaras.

Los tumbados de las cámaras no están cerca al techo del galpón, por lo tanto no se considera aumentar 15°C más a la temperatura exterior promedio para poder hallar la diferencia de temperaturas entre los dos medios separados por el tumbado.

a. Cálculo del espesor del aislamiento del tumbado de la Cámara de Paletizado

Ya que la superficie exterior del tumbado de esta cámara está en contacto con el medio ambiente al igual que las superficies exteriores de las paredes Este, Norte y Sur de la misma, el espesor de su aislamiento es el mismo que el que se calculó para las paredes mencionadas, el cual es 4,6 cm. Por lo tanto también se emplea para el tumbado el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

b. Cálculo del espesor del aislamiento del tumbado de la Cámara de Pre-enfriamiento

Ya que la superficie exterior del tumbado de esta cámara está en contacto con el medio ambiente al igual que las superficies exteriores de las paredes Norte y Sur de la misma, el espesor de su aislamiento es el mismo que el que se calculó para estas paredes, el cual es 5 cm. Por lo tanto también se emplea para el tumbado el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

c. Cálculo del espesor del aislamiento de los tumbados de las Cámaras de Conservación

Ya que las superficies exteriores de los tumbados de estas cámaras están en contacto con el medio ambiente al igual que las superficies exteriores de las paredes Norte, Sur y Oeste de la cámara de conservación A, el espesor de sus aislamientos es el mismo que el que se calculó para estas paredes, el cual es 4,8 cm. Por lo tanto también se emplea para los tumbados el panel Isopur con un espesor de 5 cm.

Selección de las puertas frigoríficas de las cámaras

Todas las cámaras van a tener puertas frigoríficas correderas (paneles prefabricados tipo sandwich).

Según el catálogo de Puertas Frigoríficas Correderas de la empresa Dippanel del Anexo 3 se selecciona la puerta con un espesor de hoja

(aislamiento PUR de alta densidad + revestimientos) de 60 mm, ya que este es el espesor recomendado para conservación.

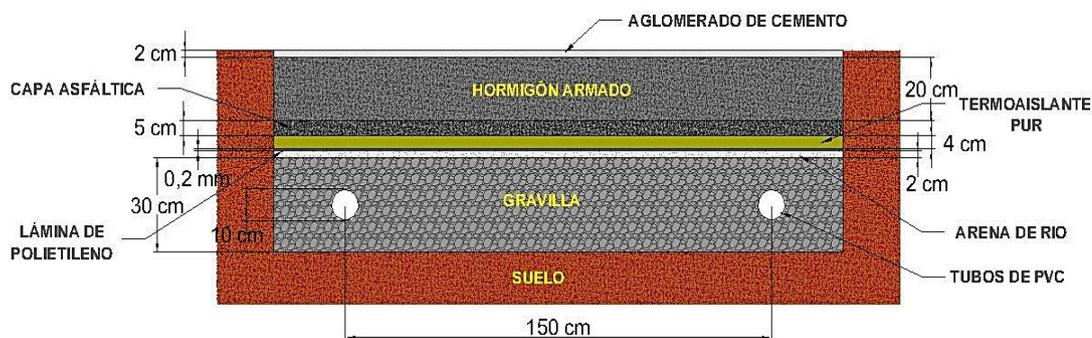
Las dimensiones de las puertas frigoríficas correderas son: 1,80 x 2,80 x 0,06 m.

En todos los marcos de las puertas correderas se van a colocar cortinas de lamas correderas en PVC de 1,80 x 2,80 m con la finalidad de reducir las pérdidas masivas de temperatura cada vez que se abren las puertas, lo cual conlleva a un gran ahorro energético de la instalación frigorífica.

3.2.3. Espesor del aislamiento del piso

Los materiales y la disposición en que deben ser colocados para construir el piso de todas las cámaras frigoríficas se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 9: Materiales que conforman el piso de una cámara frigorífica.



Ya que todas las cámaras van a operar con temperaturas positivas, no se va a tomar en cuenta el congelamiento del piso de las mismas, ya que esto sólo puede ocurrir en cámaras de temperatura negativa, lo cual provocaría deformaciones y daños en el piso.

Los pasos a seguir para construir el piso de las cámaras frigoríficas son:

1. Preparación del terreno donde se va a construir el piso de las cámaras, el cual debe quedar bien limpio, nivelado y compactado.
2. Aplicación de una capa de gravilla (grava de tamaño máximo de 2 cm) de unos 30 cm de espesor. Dentro de esta capa se colocan tubos de drenaje y ventilación de 10 cm de diámetro, normalmente de PVC. La separación entre tubos es de 150 cm, y están dispuestos con una pendiente suficiente para que el agua pueda fluir fácilmente al exterior.
3. Aplicación de una capa de nivelación de unos 2 cm de espesor con arena de río.
4. Aplicación de la barrera de vapor mediante la utilización de una lámina de polietileno de alta densidad cuyo espesor es de 0,2 mm.
5. Aplicación del aislamiento térmico (espuma rígida de poliuretano).

6. Aplicación de una capa asfáltica como impermeabilizante de 5 cm de espesor para evitar la penetración del agua de fraguado del hormigón.
7. Aplicación de la losa de hormigón armado de 20 cm de espesor.
8. Por último se enlucce la losa de hormigón con aglomerado de cemento (mortero de cemento y arena) un poco rugoso de 2 cm de espesor, para evitar de esta manera que el personal resbale cuando esté trabajando en el interior de las cámaras.

A continuación en la siguiente tabla se dan los coeficientes de conductividad térmica de los materiales que se van a utilizar para la construcción del piso de las cámaras.

Tabla 14: Conductividad térmica de varios materiales de construcción.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (Kcal/m.hr.°C)*
Grava	0,70
Arena	0,50
Polietileno de alta densidad	0,42
Espuma Rígida de Poliuretano (PUR)	0,019
Asfalto	0,60
Hormigón armado	1,40
Aglomerado de cemento	0,60

* 1 W/m.K = 0,86 Kcal/m.hr.°C

En base a la ecuación 2 y de acuerdo a los materiales que componen el piso de las cámaras se tiene la siguiente ecuación para calcular el espesor del aislamiento del piso.

Ecuación 5:

$$K_{Piso} = \frac{1}{\frac{1}{h_{int}} + \frac{e_G}{\lambda_G} + \frac{e_A}{\lambda_A} + \frac{e_{PAD}}{\lambda_{PAD}} + \frac{e_{PUR}}{\lambda_{PUR}} + \frac{e_{AF}}{\lambda_{AF}} + \frac{e_{HA}}{\lambda_{HA}} + \frac{e_{AC}}{\lambda_{AC}} + \frac{1}{h_{ext}}}$$

Donde los subíndices de la conductividad térmica y el espesor (λ y e) representan el tipo de material a utilizar en la construcción del piso, siendo estos:

G: Grava.

A: Arena.

PAD: Polietileno de alta densidad.

PUR: Espuma Rígida de Poliuretano.

AF: Asfalto.

HA: Hormigón armado.

AC: Aglomerado de cemento.

Se acepta que la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad es equivalente a la del aire atmosférico más 1°C. En este caso la profundidad del suelo necesaria para construir el piso de la cámara frigorífica es de aproximadamente 60 cm, por lo que se puede considerar la temperatura del mismo a esta profundidad a 26°C, ya

que la temperatura promedio del ambiente donde va a estar ubicada la planta frigorífica es de 25°C.

a. Cálculo del espesor del aislamiento del piso de la Cámara de Paletizado

Datos:

Temperatura de la Cámara de Paletizado: 13°C

Temperatura del suelo sobre el cual se va a construir el piso: 26°C

La cámara de paletizado es ligeramente ventilada, por lo tanto se tiene:

$h_{ext} = 0 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie exterior del piso está en contacto con el suelo.

$h_{int} = 10 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie interior del piso está en contacto con el aire de la cámara ligeramente ventilada.

La diferencia de temperatura (ΔT) entre los dos medios separados por el piso de acuerdo a la ecuación 3 es: $\Delta T = 26 - 13 = 13^\circ\text{C}$

Por lo tanto con este valor de ΔT y en base a la Tabla 12 se hace una interpolación para hallar el valor del coeficiente global de transferencia de calor del piso de la cámara de paletizado, el cual es: $K_{\text{Piso Cám. Pal.}} = 0,385 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

Reemplazando este valor, los coeficientes de convección, y los valores de los espesores y conductividades térmicas de todos los

materiales que conforman el piso de la cámara en la ecuación 5 se tiene:

$$0,385 = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{0,3}{0,70} + \frac{0,02}{0,50} + \frac{0,0002}{0,42} + \frac{e_{PUR}}{0,019} + \frac{0,05}{0,60} + \frac{0,2}{1,40} + \frac{0,02}{0,60} + 0}$$

$$e_{PUR} = 0,034 \text{ m} = 3,4 \text{ cm}$$

Con este valor y en base al catálogo de espumas rígidas de poliuretano sin recubrimiento de la empresa Dippanel del Anexo 1, se selecciona el termoaislante PUR con un espesor de 4 cm.

b. Cálculo del espesor del aislamiento del piso de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

Temperatura de la Cámara de Pre-enfriamiento: 7°C

Temperatura del suelo sobre el cual se va a construir el piso: 26°C

La cámara de pre-enfriamiento es muy ventilada, por lo tanto se tiene:

$h_{ext} = 0 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie exterior del piso está en contacto con el suelo.

$h_{int} = 15 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$: ya que la superficie interior del piso está en contacto con el aire de la cámara muy ventilada.

Diferencia de temperatura: $\Delta T = 26 - 7 = 19^\circ\text{C}$

Coeficiente del piso de la cámara de pre-enfriamiento: $K_{\text{Piso Cám. Pre.}} = 0,355 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

Por lo tanto:

$$0,355 = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,3}{0,70} + \frac{0,02}{0,50} + \frac{0,0002}{0,42} + \frac{e_{PUR}}{0,019} + \frac{0,05}{0,60} + \frac{0,2}{1,40} + \frac{0,02}{0,60} + 0}$$

$$e_{PUR} = 0,038 \text{ m} = 3,8 \text{ cm}$$

Con este valor y en base al catálogo del Anexo 1 se selecciona el termoaislante PUR con un espesor de 4 cm.

c. Cálculo del espesor del aislamiento del piso de las Cámaras de Conservación

Como las dos cámaras de conservación van a funcionar a la misma temperatura, para ambas cámaras se tiene:

Datos:

La temperatura de la Cámara de Conservación es de 10°C , ya que la fruta que se va a almacenar en la misma va a ser la piña verde parcialmente madura.

Temperatura del suelo sobre el cual se va a construir el piso: 26°C

La cámara de conservación es muy ventilada, por lo tanto se tiene:

$$h_{ext} = 0 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}; h_{int} = 15 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

Diferencia de temperatura: $\Delta T = 26 - 10 = 16^\circ\text{C}$

Coefficiente del piso de la cámara de conservación: $K_{\text{Piso Cám. Cons.}} = 0,37 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

Por lo tanto:

$$0,37 = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,3}{0,70} + \frac{0,02}{0,50} + \frac{0,0002}{0,42} + \frac{e_{PUR}}{0,019} + \frac{0,05}{0,60} + \frac{0,2}{1,40} + \frac{0,02}{0,60} + 0}$$

$$e_{PUR} = 0,036 \text{ m} = 3,6 \text{ cm}$$

Con este valor y en base al catálogo del Anexo 1 se selecciona el termoaislante PUR con un espesor de 4 cm.

En la siguiente tabla se dan los espesores de los paneles determinados anteriormente para la construcción del cerramiento de las cámaras frigoríficas.

Tabla 15: Espesores de los paneles del cerramiento de las cámaras frigoríficas.

ESPESORES DE LOS PANELES DEL CERRAMIENTO DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS (cm)				
PANEL FRIGORÍFICO	Cámara de Paletizado	Cámara de Preenfriamiento	Cámara de Conservación A	Cámara de Conservación B
Piso	4	4	4	4
Pared Norte	5	5	5	5
Pared Sur	5	5	5	5
Pared Este	5	5	-	5
Pared Oeste	-	5	5	5
Tumbado	5	5	5	5
Puertas frigoríficas	6	6	6	6

CAPITULO 4

4. CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN

La velocidad a la cual deba ser el calor eliminado de un espacio o material refrigerado a fin de producir y mantener las condiciones deseadas de temperatura se le llama la carga de refrigeración, la carga de enfriamiento o la carga térmica.

Para determinar la carga frigorífica o de enfriamiento en cada una de las cámaras se lo hace en base a las fuentes de calor que influyen en las mismas.

Hay dos tipos de aportes caloríficos en una cámara frigorífica, los cuales son:

4.1. Aportes Caloríficos Internos

a. Enfriamiento del producto

Para determinar la cantidad de calor que se debe absorber a un producto se utiliza la siguiente ecuación:

$$\textbf{Ecuación 6: } Q_{Enf. Prod.} = m * C_p * (T_i - T_{Cám.})$$

Dónde:

m : Masa del producto en Kg/día

C_p : Calor específico del producto en Kcal/Kg°C

T_i : Temperatura de introducción del producto en °C

$T_{Cám.}$: Temperatura de refrigeración de la cámara en °C

b. Calor de respiración desprendido por el producto

Para determinar el calor de respiración desprendido por el producto de origen animal o vegetal se utiliza la siguiente ecuación:

$$\textbf{Ecuación 7: } Q_{Resp. Prod.} = l_r * m$$

Dónde:

l_r : Calor de Respiración en Kcal/ton_xdía

m : Masa del producto en ton

La información necesaria para determinar los aportes caloríficos internos en cada una de las cámaras es la siguiente:

Piña:

- El peso de todas la piñas que van colocadas dentro de una caja de cartón pequeña (tipo bandeja) independientemente del calibre (tamaño) de las mismas es de aproximadamente 10,5 Kg.
- El calor específico de la piña por arriba del punto de congelación es: $C_{p \text{ Piña}} = 3,85 \text{ KJ}/(\text{Kg}^\circ\text{C}) = 0,92 \text{ Kcal}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$.

Caja de cartón pequeña para el embalaje de las piñas:

- Masa del cartón: $m_{\text{cartón}} = 1,50 \text{ Kg}$.
- Calor específico del cartón: $C_{p \text{ Cartón}} = 1,4 \text{ KJ}/(\text{Kg}^\circ\text{C}) = 0,335 \text{ Kcal}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$.
- La temperatura de las cajas de cartón antes de ser ingresadas a la cámara de paletizado va a ser la misma que la temperatura promedio del medio ambiente en donde está ubicada la planta frigorífica, o sea 25°C .

Pallet Universal de Madera:

- Masa del pallet: $m_{\text{pallet}} = 30 \text{ Kg}$.
- Calor específico del pallet: $C_{p \text{ Pallet}} = 2,6 \text{ KJ}/(\text{Kg}^\circ\text{C}) = 0,62 \text{ Kcal}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$.
- La temperatura de los pallets antes de ser ingresados a la cámara de paletizado va a ser la misma que la temperatura

promedio del medio ambiente en donde está ubicada la planta frigorífica, o sea 25°C.

4.2. Aportes Caloríficos Externos

a. Aportes caloríficos a través de las paredes

La cantidad de calor que penetra durante las 24 horas cada una de las paredes de la cámara frigorífica se lo determina mediante la siguiente ecuación:

$$\textbf{Ecuación 8: } Q_{Pared} = K * S * \Delta T * \left(\frac{24hr}{día}\right)$$

Dónde:

K: Coeficiente global de transferencia de calor de cada pared (Kcal/m²hr°C).

S: Superficie de transferencia de calor de la pared (m²).

ΔT : Diferencia de temperatura (respecto a cada pared) entre la temperatura del medio exterior y la temperatura de la cámara frigorífica, ΔT = T_{ext} – T_{int} (°C).

Para la determinación de “S” es posible adoptar en un cálculo aproximado la superficie interior (S_{int}) o exterior (S_{ext}) de la pared.

El aporte Calorífico Total del Cerramiento de la Cámara se lo determina mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 9:

$$Q_{TOTAL \text{ Cerr. Cám.}} = Q_{Piso} + Q_{Tumbado} + Q_{Pared \text{ Norte}} + Q_{Pared \text{ Sur}} + \\ Q_{Pared \text{ Este}} + Q_{Pared \text{ Oeste}}$$

b. Aportes caloríficos por enfriamiento y secado del aire de renovación

Es indispensable renovar el aire de las cámaras frigoríficas y reemplazarlo por aire fresco por medio de ventiladores especiales. En las cámaras una gran parte de la renovación proviene del movimiento de las puertas de acceso.

La renovación depende de las condiciones del ambiente exterior y de las condiciones interiores de la cámara, es decir: temperatura y humedad relativa.

Para determinar el calor aportado por la renovación de aire se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 10: } Q_{Renov. \text{ Aire}} = N * \frac{V}{v_{Amb.}} * (h_{Amb.} - h_{Aire \text{ Cám.}})$$

Dónde:

N : Número de renovaciones por día.

V : Volumen interior de la cámara (m^3).

$v_{Amb.}$: Volumen específico del aire en las condiciones del ambiente exterior (m^3/Kg).

$h_{Amb.}$: Entalpía del aire en las condiciones del ambiente exterior (Kcal/Kg).

$h_{\text{Aire Cam.}}$: Entalpía del aire en las condiciones del ambiente interior de la camara (Kcal/Kg).

La totalidad del aire de cada camara de la planta frigorífica se va a renovar 4 veces por día, ya que es lo que se recomienda como mínimo para camaras que contienen frutas u hortalizas. El volumen de aire a considerar para cada renovación es el volumen de la camara vacía. Por lo tanto para todas las camaras se tiene: $N = 4$ renovaciones/día.

c. *Aportes caloríficos debido al trabajo de los motores*

Como se mencionó anteriormente dentro de las camaras frigoríficas se va a utilizar un patín hidráulico en lugar de un montacargas para el traslado de los pallets, por lo tanto el único aporte calorífico es debido al trabajo mecánico de los ventiladores de los evaporadores.

Para el cculo preciso del equivalente térmico del trabajo de los ventiladores se necesitará de la determinación previa de las características de los mismos, pero se puede considerar sin embargo que este equivalente térmico representa un porcentaje de 8 a 10% del total de aportes caloríficos mencionados anteriormente.

La ecuación para determinar este tipo de aporte calorífico es la siguiente:

Ecuación 11:

$$Q_{Vent.} = 0,08 * (Q_{TOTAL\ Cerr.\ C\acute{a}m.} + Q_{Renov.\ Aire} + Q_{Enf.\ Prod.} + Q_{Enf.\ Cajas} + Q_{Enf.\ Pallets} + Q_{Resp.\ Prod.})$$

d. Aportes caloríficos debido al personal

Las manipulaciones inherentes al almacenamiento de los productos obligan al personal a permanecer un cierto tiempo dentro de las cámaras; y como se sabe, la cantidad de calor que desprende un ser humano es muy variable en función del estado del ambiente, de la vestimenta y de la actividad física del individuo. Esta cantidad de calor varía en muy grandes proporciones: de 75 Kcal/hr (metabolismo basal) a 500 Kcal/hr en los obreros que ejecutan un trabajo de fuerza.

El aporte calorífico debido al personal que ingresa a una cámara frigorífica se lo determina mediante la siguiente ecuación:

$$\textbf{Ecuación 12: } Q_{Personal} = N * C * t_{perm.}$$

Dónde:

N: Número de personas.

C: Calor desprendido por cada persona (Kcal/hr).

$t_{perm.}$: Tiempo de permanencia en la cámara frigorífica (número de horas en un día).

En la siguiente tabla se da el calor metabólico por persona a diferentes temperaturas.

Tabla 16: Calor metabólico por persona a diferentes temperaturas.

Temperatura de la Cámara		Calor Metabólico (Btu/hr)
60°F	15,5°C	610
50°F	10°C	720
40°F	4,4°C	840
30°F	-1,1°C	950
20°F	-6,7°C	1050
10°F	-12,2°C	1200
0°F	-17,8°C	1300
-10°F	-23,3°C	1400

Fuente: Ashrae Data Book.

e. Aportes caloríficos de la iluminación

La cantidad de calor emitida por las lámparas se lo determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{lum.} = 860 * P_T * t_{serv.}$$

Dónde:

860: Factor de conversión.

P_T : Potencia total de las lámparas (KW).

$t_{serv.}$: Tiempo de funcionamiento o de servicio de las lámparas (número de horas en un día).

4.3. Carga total de refrigeración

En el caso de cámaras destinadas a la refrigeración en plantas industriales, la carga de enfriamiento total es la suma de todos los aportes caloríficos internos y externos, es decir:

Ecuación 14:

$$Q_{TOTAL} = Q_{TOTAL\ Cerr.\ Cám.} + Q_{Renov.\ Aire} + Q_{Enf.\ Prod.} + Q_{Enf.\ Cajas} + \\ Q_{Enf.\ Pallets} + Q_{Resp.\ Prod.} + Q_{Vent.} + Q_{Personal} + Q_{Ilum.}$$

Potencia de la Máquina Frigorífica

Si la carga de enfriamiento total es establecida para 24 horas es evidente que por razones de buen mantenimiento y longevidad del material, esta no puede asegurar la producción frigorífica así calculada en 24 horas, y además en caso de una parada accidental pondría en peligro la producción frigorífica diaria.

La potencia de la máquina frigorífica es por lo tanto calculada sobre un tiempo promedio de 18 a 20 horas para las instalaciones industriales, es decir:

$$\text{Ecuación 15: } Q_f = \frac{Q_{TOTAL}}{t'}$$

Dónde:

Q_{TOTAL} : Carga de enfriamiento total.

t' : Tiempo de marcha (20 hr/día).

A. Cálculo de la carga de enfriamiento total y potencia de la máquina frigorífica de la Cámara de Paletizado

Aportes Caloríficos para la Cámara de Paletizado

a. Aportes Caloríficos Internos

a.1. Enfriamiento del producto (Piña)

Datos:

$$C_p \text{ Piña} = 0,92 \text{ Kcal}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$$

Temperatura de la piña al momento de ingresarla a la cámara: $T_i = 21^\circ\text{C}$

Temperatura de la cámara: $T_{\text{Cám.}} = 13^\circ\text{C}$

Como se determinó anteriormente la cámara de paletizado tendrá capacidad para alojar 16 pallets, y cada pallet va a contener 75 cajas de piña, con lo cual se tiene un total de 1.200 cajas. Por lo tanto la masa total de producto que va a estar dentro de esta cámara diariamente es: $m_{\text{T Piña}} = 1.200 \times 10,5 = 12.600 \text{ Kg/día}$

Mediante la ecuación 6 se halla el aporte calorífico de la piña, el cual es:

$$Q_{\text{Enf. Piña}} = 12.600 * 0,92 * (21 - 13) = 92.736 \text{ Kcal/día}$$

a.2. Aporte calorífico del embalaje de la piña

Para el embalaje de las piñas se va a utilizar cajas de cartón.

Datos:

$$C_p \text{ Cartón} = 0,335 \text{ Kcal}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$$

Temperatura de la caja de cartón al momento de ingresarla a la cámara: $T_i = 25^\circ\text{C}$

Temperatura de la Cámara: $T_{\text{Cám.}} = 13^\circ\text{C}$

La masa de una caja de cartón es de 1,50 Kg, por lo tanto la masa total de las 1.200 cajas que van a estar dentro de esta cámara diariamente es: $m_{T \text{ Cartón}} = 1,50 * 1.200 = 1.800 \text{ Kg/día}$.

Mediante la ecuación 6 se halla el aporte calorífico de todas las cajas, el cual es:

$$Q_{Enf. \text{ Cajas}} = 1.800 * 0,335 * (25 - 13) = 7.236 \text{ Kcal/día}$$

a.3. Aporte calorífico de los pallets de madera

Datos:

$$C_p \text{ Pallet} = 0,62 \text{ Kcal/(Kg}^\circ\text{C)}$$

Temperatura del pallet al momento de ingresarlo a la cámara: $T_i = 25^\circ\text{C}$

Temperatura de la cámara: $T_{Cám.} = 13^\circ\text{C}$

La masa de un pallet de madera es de 30 Kg, por lo tanto la masa total de los 16 pallets que van a estar dentro de esta cámara diariamente es: $m_{T \text{ Pallets}} = 30 * 16 = 480 \text{ Kg/día}$.

Mediante la ecuación 6 se halla el aporte calorífico de todos los pallets, el cual es:

$$Q_{Enf. \text{ Pallets}} = 480 * 0,62 * (25 - 13) = 3.571,2 \text{ Kcal/día}$$

a.4. Calor de respiración desprendido por el producto

Datos:

$$m_{T \text{ Piña}} = 12.600 \text{ Kg} = 12,6 \text{ ton.}$$

Para determinar el calor de respiración de la piña a la temperatura de la cámara de paletizado (13°C), se lo hace por medio de una interpolación a los valores dados en la Tabla 3, con lo cual se tiene: $I_r = 8,8 \text{ mg CO}_2/\text{Kg}\cdot\text{hr} = 536,8 \text{ Kcal/ton}\cdot\text{día}$.

Mediante la ecuación 7 se halla el calor de respiración desprendido por todas las piñas dentro de la cámara, el cual es:

$$Q_{\text{Resp. Piñas}} = 536,8 * 12,6 = 6.763,7 \text{ Kcal/día}$$

b. Aportes Caloríficos Externos

b.1. Aportes caloríficos a través de las paredes

Las dimensiones de la cámara de paletizado son:

Alto: $H = 3,4 \text{ m}$

Largo: $L = 12,10 \text{ m}$

Ancho: $a = 5,10 \text{ m}$

b.1.1. Aporte Calorífico del Piso

Datos:

La superficie de transferencia de calor del piso es: $S_{\text{Piso}} = a * L = 5,10 * 12,10 = 61,71 \text{ m}^2$

Los valores de K y ΔT que ya fueron determinados anteriormente son: $K_{\text{Piso Cám. Pal.}} = 0,385 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$; $\Delta T = 13^\circ\text{C}$.

Reemplazando estos valores en la ecuación 8 se halla el aporte calorífico del piso de la cámara, el cual es:

$$Q_{Piso} = 0,385 * 61,71 * 13 * 24 = 7.412,6 \text{ Kcal/día}$$

b.1.2. Aporte calorífico del tumbado

Datos:

$$S_{Tumbado} = S_{piso} = 61,71 \text{ m}^2$$

$$K_{Tumbado} = 0,39 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 12^\circ\text{C}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 8 se halla el aporte calorífico del tumbado de la cámara, el cual es:

$$Q_{Tumbado} = 0,39 * 61,71 * 12 * 24 = 6.931,3 \text{ Kcal/día}$$

b.1.3. Aporte calorífico de la pared Norte

Datos:

$$S_{Pared\ Norte} = a * H = 5,10 * 3,4 = 17,34 \text{ m}^2$$

$$K_{Pared\ Norte} = 0,39 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 12^\circ\text{C}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 8 se halla el aporte calorífico de la pared Norte de la cámara, el cual es:

$$Q_{Pared\ Norte} = 0,39 * 17,34 * 12 * 24 = 1.947,6 \text{ Kcal/día}$$

b.1.4. Aporte calorífico de la pared Sur

Ya que la pared Sur se encuentra a las mismas condiciones que la pared Norte, su aporte calorífico será el mismo que el de esta pared.

$$Q_{Pared\ Sur} = 1.947,6\ Kcal/día$$

b.1.5. Aporte calorífico de la pared Este

Datos:

$$S_{Pared\ Este} = L * H = 12,10 * 3,4 = 41,14\ m^2$$

$$K_{Pared\ Este} = 0,39\ Kcal/m^2hr^{\circ}C$$

$$\Delta T = 12^{\circ}C$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 8 se halla el aporte calorífico de la pared Este de la cámara, el cual es:

$$Q_{Pared\ Este} = 0,39 * 41,14 * 12 * 24 = 4.620,8\ Kcal/día$$

b.1.6. Aporte calorífico de la pared Oeste

No hay aporte calorífico de la pared Oeste ya que la temperatura de la cámara de pre-enfriamiento, la cual está al lado de la cámara de paletizado compartiendo la misma pared que las divide, es inferior a la de esta cámara.

$$Q_{Pared\ Oeste} = 0\ Kcal/día$$

Mediante la ecuación 9 se determina el aporte calorífico total del Cerramiento de la Cámara de Paletizado:

$$\begin{aligned}
 Q_{TOTAL\ Cerr.\ Cám.} &= 7.412,6 + 6.931,3 + 1.947,6 + 1.947,6 + 4.620,8 \\
 &= 22.859,9\ Kcal/día
 \end{aligned}$$

b.2. Aportes caloríficos por enfriamiento y secado del aire de renovación

Datos:

$$N = 4\ \text{renovaciones/día}$$

$$V = a \times L \times H = 5,10 \times 12,10 \times 3,4 = 209,81\ m^3$$

La puerta de ingreso a la cámara de paletizado está en contacto con el aire del medio ambiente donde va a estar ubicada, por lo tanto de la Tabla 9 se obtiene los valores de humedad relativa y temperatura para dicho aire, los cuales son: $\Psi_{Amb.} = 87\%$; $T_{Amb.} = 25^\circ C$. Con estos valores y de acuerdo a la carta psicrométrica del Apéndice A se obtienen los siguientes valores de entalpia y volumen específico: $h_{Amb.} = 70\ KJ/Kg$ (17 Kcal/Kg); $v_{Amb.} = 0,865\ m^3/Kg$.

La temperatura y humedad relativa de la cámara de paletizado es: $\Psi_{Cám.\ Pal.} = 85\%$; $T_{Cám.\ Pal.} = 13^\circ C$. Con estos valores y de acuerdo a la carta psicrométrica del Apéndice A se obtiene el siguiente valor de entalpia: $h_{Aire\ Cám.} = 33\ KJ/Kg$ (8,1Kcal/Kg).

Reemplazando estos valores en la ecuación 10 se halla el aporte calorífico por renovación del aire, el cual es:

$$Q_{Renov.\ Aire} = 4 * \frac{209,81}{0,865} * (17 - 8,1) = 8.634,95\ Kcal/día$$

b.3. Aporte calorífico debido al trabajo de los ventiladores

Para hallar el aporte calorífico de los ventiladores de los evaporadores se emplea la ecuación 11, con lo cual se tiene:

$$Q_{Vent.} = 0,08 * (22.859,9 + 8.634,95 + 7.236 + 3.571,2 + 92.736 + 6.763,7) = 10.826,04 \text{ Kcal/día}$$

b.4. Aporte calorífico debido al personal

Datos:

N = 4 personas

$t_{perm} = 8\text{hr/día}$

Para determinar el calor metabólico por persona a la temperatura de la cámara de paletizado (13°C), se lo hace por medio de una interpolación a los valores dados en la Tabla 16, con lo cual se tiene: C = 661,2 Btu/hr = 166,73 Kcal/hr.

Reemplazando estos valores en la ecuación 12 se halla el aporte calorífico debido al personal, el cual es:

$$Q_{Personal} = 4 * 166,73 * 8 = 5.335,36 \text{ Kcal/día}$$

b.5. Aporte calorífico de la iluminación

Datos:

Para la iluminación de la cámara de paletizado se va a utilizar lámparas de 58 W de potencia.

Área del piso de la cámara de paletizado: $A_{\text{Piso Cám. Pal.}} = a * L = 5,10 * 12,10 = 61,71 \text{ m}^2$

El tiempo que van a permanecer encendidos los focos dentro de la cámara de paletizado es el mismo tiempo que van a estar los trabajadores dentro de la misma, por lo tanto se tiene: $t_{\text{serv}} = 8 \text{ horas/día}$.

La potencia de la iluminación va a ser de 12 W por cada metro cuadrado de superficie del piso de la cámara de paletizado, por lo tanto la potencia de iluminación total requerida dentro de la misma es:

$$P_T = 61,71 * 12 = 740,5 \text{ W} = 0,740 \text{ KW}$$

Número total de lámparas requeridas: $740,5/58 = 12,8 = 13 \text{ lámparas}$.

Reemplazando estos valores en la ecuación 13 se halla el aporte calorífico debido a la iluminación, el cual es:

$$Q_{\text{Illum.}} = 860 * 0,740 * 8 = 5.091,2 \text{ Kcal/día}$$

c. Carga de enfriamiento total de la Cámara de Paletizado

Reemplazando en la ecuación 14 todos los aportes caloríficos internos y externos hallados anteriormente se tiene la carga de enfriamiento total, cuyo valor es:

$$Q_{\text{TOTAL}} = 22.859,9 + 8.634,95 + 7.236 + 3.571,2 + 92.736 + 6.763,7 + 10.826,04 + 5.335,36 + 5.091,2 = 163.054,35 \text{ Kcal/día}$$

d. Potencia de la máquina frigorífica de la Cámara de Paletizado

Datos:

$$Q_{TOTAL} = 163.054,35 \text{ Kcal/día}$$

$$t' = 20 \text{ hr/día}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 15 se obtiene la potencia frigorífica, cuyo valor es:

$$Q_f = \frac{163.054,35}{20} = 8.152,72 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = 9.475,3 \text{ W}$$

B. Cálculo de la Carga de Enfriamiento Total y Potencia de la Máquina Frigorífica de la Cámara de Pre-enfriamiento

Aportes Caloríficos para la Cámara de Pre-enfriamiento

a. Aportes Caloríficos Internos

a.1. Enfriamiento del producto (Piña)

Datos:

$$C_p \text{ Piña} = 0,92 \text{ Kcal}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$$

Temperatura de la piña al momento de ingresarla a la cámara: $T_i = 17^\circ\text{C}$

Temperatura de la cámara: $T_{\text{Cám.}} = 7^\circ\text{C}$

La masa total de producto que va a estar dentro de esta cámara diariamente es igual a la que se determinó para la cámara de paletizado, ya que ambas van a alojar la misma cantidad. Por lo tanto se tiene: $m_{T \text{ Piña}} = 12.600 \text{ Kg/día}$

Mediante la ecuación 6 se tiene:

$$Q_{Enf. Piña} = 12.600 * 0,92 * (17 - 7) = 115.920 \text{ Kcal/día}$$

a.2. Aporte calorífico del embalaje de la piña

Datos:

$$C_p \text{ Cartón} = 0,335 \text{ Kcal/(Kg}^\circ\text{C)}$$

Temperatura de la caja de cartón al momento de ingresarla a la cámara: $T_i = 17^\circ\text{C}$

$$\text{Temperatura de la cámara: } T_{\text{Cám.}} = 7^\circ\text{C}$$

La masa total de las cajas que van a estar dentro de esta cámara diariamente es igual a la que se determinó para la cámara de paletizado, ya que ambas van a alojar la misma cantidad. Por lo tanto se tiene: $m_T \text{ Cartón} = 1.800 \text{ Kg/día}$.

Mediante la ecuación 6 se tiene:

$$Q_{Enf. Cajas} = 1.800 * 0,335 * (17 - 7) = 6.030 \text{ Kcal/día}$$

a.3. Aporte calorífico de los pallets de madera

Datos:

$$C_p \text{ Pallet} = 0,62 \text{ Kcal/(Kg}^\circ\text{C)}$$

Temperatura del pallet al momento de ingresarlo a la cámara: $T_i = 17^\circ\text{C}$

$$\text{Temperatura de la cámara: } T_{\text{Cám.}} = 7^\circ\text{C}$$

La masa total de los pallets que van a estar dentro de esta cámara diariamente es igual a la que se determinó para la cámara de paletizado, ya que ambas van a alojar la misma cantidad. Por lo tanto se tiene: $m_{T \text{ Pallets}} = 480 \text{ Kg/día}$.

Mediante la ecuación 6 se tiene:

$$Q_{Enf. \text{ Pallets}} = 480 * 0,62 * (17 - 7) = 2.976 \text{ Kcal/día}$$

a.4. Calor de respiración desprendido por el producto

Datos:

$$m_{T \text{ Piña}} = 12.600 \text{ Kg} = 12,6 \text{ ton}$$

$$I_r = 2,8 \text{ mg CO}_2/\text{Kg}_x\text{h} = 170,8 \text{ Kcal/ton}_x\text{día} \text{ (Valor obtenido de la Tabla 3 a } 7^\circ\text{C)}$$

Mediante la ecuación 7 se tiene:

$$Q_{Resp. \text{ Piñas}} = 170,8 * 12,6 = 2.152,08 \text{ Kcal/día}$$

b. Aportes Caloríficos Externos

b.1. Aportes caloríficos a través de las paredes

Las dimensiones de la cámara de pre-enfriamiento son:

$$\text{Alto: } H = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{Largo: } L = 12,10 \text{ m}$$

$$\text{Ancho: } a = 4,5 \text{ m}$$

b.1.1. Aporte calorífico del piso

Datos:

$$K_{\text{Piso Cám. Pre.}} = 0,355 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 19^\circ\text{C}$$

$$\text{Superficie de transferencia de calor del piso: } S_{\text{piso}} = a * L = 4,5 * 12,10 = 54,45 \text{ m}^2$$

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{\text{Piso}} = 0,355 * 54,45 * 19 * 24 = 8.814,37 \text{ Kcal/día}$$

b.1.2. Aporte calorífico del tumbado

Datos:

$$S_{\text{Tumbado}} = S_{\text{piso}} = 54,45 \text{ m}^2$$

$$K_{\text{Tumbado}} = 0,36 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 18^\circ\text{C}$$

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{\text{Tumbado}} = 0,36 * 54,45 * 18 * 24 = 8.468,06 \text{ Kcal/día}$$

b.1.3. Aporte calorífico de la pared Norte

Datos:

$$S_{\text{Pared Norte}} = a * H = 4,5 * 3,4 = 15,3 \text{ m}^2$$

$$K_{\text{Pared Norte}} = 0,36 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 18^\circ\text{C}$$

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{Pared\ Norte} = 0,36 * 15,3 * 18 * 24 = 2.379,45\ Kcal/día$$

b.1.4. Aporte calorífico de la pared Sur

Ya que la pared Sur se encuentra a las mismas condiciones que la pared Norte, su aporte calorífico será el mismo que el de esta pared.

$$Q_{Pared\ Sur} = 2.379,45\ Kcal/día$$

b.1.5. Aporte calorífico de la pared Este

Datos:

$$S_{Pared\ Este} = L * H = 12,10 * 3,4 = 41,14\ m^2$$

$$K_{Pared\ Este} = 0,42\ Kcal/m^2hr^{\circ}C$$

$$\Delta T = 6^{\circ}C$$

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{Pared\ Este} = 0,42 * 41,14 * 6 * 24 = 2.488,15\ Kcal/día$$

b.1.6. Aporte calorífico de la pared Oeste

Datos:

$$S_{Pared\ Oeste} = L * H = 12,10 * 3,4 = 41,14\ m^2$$

$$K_{Pared\ Oeste} = 0,434\ Kcal/m^2hr^{\circ}C$$

$$\Delta T = 3^{\circ}C$$

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{Pared\ Este} = 0,434 * 41,14 * 3 * 24 = 1.285,54\ Kcal/día$$

Mediante la ecuación 9 se determina el aporte calorífico total:

$$Q_{TOTAL\ Cerr.\ Cám} = 8.814,37 + 8.468,06 + 2.379,45 + 2.379,45 + 2.488,15 + 1.285,54 = 25.815,02\ Kcal/día$$

b.2. Aportes caloríficos por enfriamiento y secado del aire de renovación

Datos:

$$N = 4\ \text{renovaciones/día}$$

$$V = a \times L \times H = 4,5 \times 12,10 \times 3,4 = 185,13\text{m}^3$$

Mediante la Tabla 9 se tiene: $\Psi_{Amb.} = 87\%$; $T_{Amb.} = 25^{\circ}\text{C}$. Con estos valores y en base a la carta psicrométrica del Apéndice A se tiene: $h_{Amb.} = 70\ \text{KJ/Kg}$ (17 Kcal/Kg); $v_{Amb.} = 0,865\ \text{m}^3/\text{Kg}$.

La temperatura y humedad relativa de esta cámara es: $\Psi_{Cám.\ Pre.} = 85\%$; $T_{Cám.\ Pre.} = 7^{\circ}\text{C}$. Con estos valores y en base a la carta psicrométrica del Apéndice A se tiene: $h_{Aire\ Cám.} = 20\ \text{KJ/Kg}$ (5 Kcal/Kg).

Mediante la ecuación 10 se tiene:

$$Q_{Renov.\ Aire} = 4 * \frac{185,13}{0,865} * (17 - 5) = 10.273,11\ Kcal/día$$

b.3. Aporte calorífico debido al trabajo de los ventiladores

Mediante la ecuación 11 se tiene:

$$Q_{Vent.} = 0,08 * (115.920 + 6.030 + 2.976 + 2.152,08 + 25.815,02 + 10.273,11) = 12.436,9 \text{ Kcal/día}$$

b.4. Aporte calorífico debido al personal

Datos:

$N = 2$ personas

$t_{perm} = 2$ hr/día

$C = 782,9$ Btu/hr = 197,4 Kcal/hr (Valor obtenido de la Tabla 16 a 7°C)

Mediante la ecuación 12 se tiene:

$$Q_{Personal} = 2 * 197,4 * 2 = 789,6 \text{ Kcal/día}$$

b.5. Aporte calorífico de la iluminación

Datos:

Para la iluminación de esta cámara se va a utilizar lámparas de 58 W de potencia.

Área del piso de la cámara de pre-enfriamiento: $A_{Piso \text{ Cám. Pre.}} = a * L = 4,5 * 12,10 = 54,45 \text{ m}^2$

Tiempo que van a permanecer encendidos los focos: $t_{serv} = 2$ horas/día.

Potencia de iluminación por m^2 de superficie del piso: 12 W/ m^2 .

Potencia de iluminación total: $P_T = 54,45 * 12 = 653,4 \text{ W} = 0,653 \text{ KW}$

Número total de lámparas requeridas: $653,4/58 = 11,3 = 11$ lámparas.

Mediante la ecuación 13 se tiene:

$$Q_{lum.} = 860 * 0,653 * 2 = 1.123,2 \text{ Kcal/día}$$

c. Carga de enfriamiento total de la Cámara de Pre-enfriamiento

Mediante la ecuación 14 se tiene:

$$Q_{TOTAL} = 115.920 + 6.030 + 2.976 + 2.152,08 + 25.815,02 + 10.273,11 + 12.436,9 + 789,6 + 1.123,2 = 177.516 \text{ Kcal/día}$$

d. Potencia de la máquina frigorífica de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

$$Q_{TOTAL} = 177.516 \text{ Kcal/día}$$

$$t' = 20 \text{ hr/día}$$

Mediante la ecuación 15 se tiene:

$$Q_f = \frac{177.516}{20} = 8.875,8 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = 10.315,65 \text{ W}$$

C. Cálculo de la carga de enfriamiento total y potencia de la máquina frigorífica de la Cámara de Conservación A

Aportes Caloríficos para la Cámara de Conservación A

a. Aportes Caloríficos Internos

a.1. Aporte calorífico del producto (Piña), del embalaje y de los pallets de madera

Debido a que la temperatura de la cámara de conservación (10°C) es superior a la temperatura de la piña, las cajas de cartón, y los pallets, la cual es 7°C, al momento de ingresarlos a esta cámara, no se va a producir un aporte calorífico del producto, del embalaje, y de los pallets, por lo tanto se tiene:

$$Q_{Enf. Piña} = Q_{Enf. Cajas} = Q_{Enf. Pallets} = 0 \text{ Kcal/día}$$

a.2. Calor de respiración desprendido por el producto

Datos:

$I_r = 7 \text{ mg CO}_2/\text{Kg}\cdot\text{hr} = 427 \text{ Kcal/ton}\cdot\text{día}$ (Valor obtenido de la Tabla 3 a 10°C).

La cámara de conservación tendrá capacidad para alojar 32 pallets, cada pallet va a contener 75 cajas de piña, con lo cual se tiene un total de 2.400 cajas. Por lo tanto la masa total de producto que va a estar dentro de esta cámara diariamente es: $m_T \text{ Piña} = 2.400 \times 10,5 = 25.200 \text{ Kg} = 25,2 \text{ ton}$

Mediante la ecuación 7 se tiene:

$$Q_{Resp. Piñas} = 427 * 25,2 = 10.760,4 \text{ Kcal/día}$$

b. Aportes Caloríficos Externos

b.1. Aportes caloríficos a través de las paredes

Las dimensiones de la cámara de conservación son:

Alto: $H = 3,4 \text{ m}$

Largo: $L = 12,10 \text{ m}$

Ancho: $a = 6,7 \text{ m}$

b.1.1. Aporte calorífico del piso

Datos:

$$\Delta T = 16^{\circ}\text{C}$$

$$K_{\text{Piso Cám. Cons.}} = 0,37 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$$

La superficie de transferencia de calor del piso es: $S_{\text{piso}} = a * L =$

$$6,7 * 12,10 = 81,07 \text{ m}^2$$

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{\text{piso}} = 0,37 * 81,07 * 16 * 24 = 11.518,42 \text{ Kcal/día}$$

b.1.2. Aporte calorífico del tumbado

Datos:

$$S_{\text{Tumbado}} = S_{\text{piso}} = 81,07 \text{ m}^2$$

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

$$K_{\text{Tumbado}} = 0,375 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$$

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{\text{Tumbado}} = 0,375 * 81,07 * 15 * 24 = 10.944,45 \text{ Kcal/día}$$

b.1.3. Aporte calorífico de la pared Norte

Datos:

$$S_{\text{Pared Norte}} = a * H = 6,7 * 3,4 = 22,78 \text{ m}^2$$

$$K_{\text{Pared Norte}} = 0,375 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

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

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{\text{Pared Norte}} = 0,375 * 22,78 * 15 * 24 = 3.075,3 \text{ Kcal/día}$$

b.1.4. Aporte calorífico de la pared Sur

Ya que la pared Sur se encuentra a las mismas condiciones que la pared Norte, su aporte calorífico será el mismo que el de esta pared.

$$Q_{\text{Pared Sur}} = 3.075,3 \text{ Kcal/día}$$

b.1.5. Aporte calorífico de la pared Este

No hay aporte calorífico de la pared Este ya que la temperatura de la cámara de pre-enfriamiento, la cual está al lado de la cámara de conservación compartiendo la misma pared que las divide, es inferior a la de esta cámara.

$$Q_{\text{Pared Este}} = 0 \text{ Kcal/día}$$

b.1.6. Aporte calorífico de la pared Oeste

Datos:

$$S_{\text{Pared Oeste}} = L * H = 12,10 * 3,4 = 41,14 \text{ m}^2$$

$$K_{\text{Pared Oeste}} = 0,375 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

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

Mediante la ecuación 8 se tiene:

$$Q_{\text{Pared Oeste}} = 0,375 * 41,14 * 15 * 24 = 5.553,9 \text{ Kcal/día}$$

Mediante la ecuación 9 se determina el aporte calorífico total:

$$Q_{\text{TOTAL Cerr. cám.}} = 11.518,42 + 10.944,45 + 3.075,3 + 3.075,3 + 5.553,9 = 34.167,37 \text{ Kcal/día}$$

b.2. Aportes caloríficos por enfriamiento y secado del aire de renovación

Datos:

$$N = 4 \text{ renovaciones/día}$$

$$V = a \times L \times H = 6,7 \times 12,10 \times 3,4 = 275,64 \text{ m}^3$$

Mediante la Tabla 9 se tiene: $\Psi_{\text{Amb.}} = 87\%$; $T_{\text{Amb.}} = 25^\circ\text{C}$. Con estos valores y en base a la carta psicrométrica del Apéndice A se tiene: $h_{\text{Amb.}} = 70 \text{ KJ/Kg}$ (17 Kcal/Kg); $v_{\text{Amb.}} = 0,865 \text{ m}^3/\text{Kg}$.

La temperatura y humedad relativa de esta cámara es: $\Psi_{\text{Cám. Cons.}} = 85\%$; $T_{\text{Cám. Cons.}} = 10^\circ\text{C}$. Con estos valores y en base a la carta psicrométrica del Apéndice A se tiene: $h_{\text{Aire Cám.}} = 26 \text{ KJ/Kg}$ (6,4 Kcal/Kg).

Mediante la ecuación 10 se tiene:

$$Q_{\text{Renov. Aire}} = 4 * \frac{275,64}{0,865} * (17 - 6,4) = 13.511,14 \text{ Kcal/día}$$

b.3. Aporte calorífico debido al trabajo de los ventiladores

Mediante la ecuación 11 se tiene:

$$Q_{Vent.} = 0,08 * (10.760,4 + 34.167,37 + 13.511,14) = 3.864,4 \text{ Kcal/día}$$

b.4. Aporte calorífico debido al personal

Datos:

N = 2 personas

$t_{perm} = 2 \text{ hr/día}$

C = 720 Btu/hr = 181,56 Kcal/hr (Valor obtenido de la Tabla 16 a 10°C)

Mediante la ecuación 12 se tiene:

$$Q_{Personal} = 2 * 181,56 * 2 = 726,24 \text{ Kcal/día}$$

b.5. Aporte calorífico de la iluminación

Datos:

Para la iluminación de esta cámara se va a utilizar lámparas de 58 W de potencia.

Área del piso de la cámara de conservación: $A_{Piso \text{ Cám. Cons.}} = a * L = 6,7 * 12,10 = 81,07 \text{ m}^2$

Tiempo que van a permanecer encendidos los focos: $t_{serv} = 2 \text{ horas/día}$.

Potencia de iluminación por m^2 de superficie del piso: 12 W/m^2 .

Potencia de iluminación total: $P_T = 81,07 * 12 = 972,8 \text{ W} = 0,973 \text{ KW}$

Número total de lámparas requeridas: $972,8/58 = 16,8 = 17 \text{ lámparas}$.

Mediante la ecuación 13 se tiene:

$$Q_{Illum.} = 860 * 0,973 * 2 = 1.673,56 \text{ Kcal/día}$$

c. Carga de enfriamiento total de la Cámara de Conservación A

Mediante la ecuación 14 se tiene:

$$Q_{TOTAL} = 10.760,4 + 34.167,37 + 13.511,14 + 3.864,4 + 726,24 + 1.673,56 = 64.703,1 \text{ Kcal/día}$$

d. Potencia de la máquina frigorífica de la Cámara de Conservación A

Datos:

$$Q_{TOTAL} = 64.703,1 \text{ Kcal/día}$$

$$t' = 20 \text{ hr/día}$$

Mediante la ecuación 15 se tiene:

$$Q_f = \frac{64.703,1}{20} = 3.235,15 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = 3.759,96 \text{ W}$$

D. Cálculo de la carga de enfriamiento total y potencia de la máquina frigorífica de la Cámara de Conservación B

a. Aportes caloríficos para la Cámara de Conservación B

La cámara de conservación B tendrá los mismos aportes caloríficos internos y externos que los de la cámara de conservación A, a excepción de su pared Este, la cual está expuesta al medio ambiente. El aporte calorífico de dicha pared es el mismo que el que se calculó para la pared

Oeste de la cámara de conservación A, ya que ambas tienen las mismas dimensiones y están expuestas al medio ambiente, por lo tanto se tiene:

$$Q_{Pared\ Este} = 5.553,9\ Kcal/día$$

b. Carga de enfriamiento total de la Cámara de Conservación B

A la carga de enfriamiento total obtenida para la cámara de conservación A se le debe sumar el valor anterior para obtener el aporte calorífico total de la cámara de conservación B, el cual es:

$$Q_{TOTAL} = 64.703,1 + 5.553,9 = 70.257\ Kcal/día$$

c. Potencia de la máquina frigorífica de la Cámara de Conservación B

Datos:

$$Q_{TOTAL} = 70.257\ Kcal/día$$

$$t' = 20\ hr/día$$

Mediante la ecuación 15 se tiene:

$$Q_f = \frac{70.257}{20} = 3.512,85\ \frac{Kcal}{hr} = 4.082,71\ W$$

CAPITULO 5

5. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE DE LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE CADA CÁMARA

5.1. Introducción

La tecnología del frío ha experimentado una fuerte evolución a partir de mediados del pasado siglo XX, primero con la aparición de los refrigerantes halogenados y, posteriormente, con la decidida protección del medio ambiente frente a las consecuencias derivadas del uso de los mismos.

Hoy en día nos encontramos inmersos en una fase de adaptación y cambio en las instalaciones frigoríficas, tanto a nivel de fabricantes como de usuarios.

Refrigerantes

De manera general, un refrigerante es cualquier sustancia capaz de absorber calor de otra, como por ejemplo: el hielo, el agua, el aire, etc.

Desde el punto de vista de la refrigeración mecánica, un refrigerante es un fluido que contiene una instalación frigorífica y cuya misión es la de absorber calor en la fuente fría a baja presión y temperatura, para luego cederlo a la fuente caliente a alta presión y temperatura. Todo ello con cambio de estado de líquido a vapor y viceversa.

5.2. Clasificación de los refrigerantes

La norma 34 de la ASHRAE (American Society of Refrigerating Engineers) clasifica a los refrigerantes de forma muy general en varios grupos, los cuales son:

- Hidrocarburos saturados.
- Hidrocarburos saturados halogenados simples o puros.
- Mezclas zeotrópicas.
- Mezclas azeotrópicas.
- Hidrocarburos insaturados.
- Compuestos inorgánicos.

A continuación se detalla cada uno de ellos:

a. Hidrocarburos saturados

Son compuestos orgánicos que contienen hidrógeno y carbono en sus moléculas. Todos son altamente inflamables y explosivos, y aunque ninguno de estos compuestos absorben humedad en forma

considerable, todos son extremadamente miscibles en aceite para todas las condiciones.

Algunos hidrocarburos saturados se utilizan como refrigerantes, especialmente para uso en las industrias del petróleo y petroquímica. Ejemplo: R-600 (Butano), R-50 (Metano), R-170 (Etano) y R-290 (Propano).

b. Hidrocarburos saturados halogenados simples o puros

Son compuestos que proceden de la sustitución parcial o total de los átomos de hidrógeno de los hidrocarburos metano, etano y propano, por átomos de los halógenos Cloro, Bromo y sobre todo Flúor.

Los principales grupos que pertenecen a este tipo de hidrocarburos son:

b.1. Clorofluorcarbonados (CFC's)

Son refrigerantes totalmente halogenados cuyas moléculas contienen átomos de carbono, flúor, y cloro, este último es el que causa daño a la capa de ozono. Al no contener hidrógeno en su molécula es muy estable, esta estabilidad hace que permanezca durante largo tiempo en la atmósfera afectando seriamente la capa de ozono, también son responsables del efecto invernadero.

Las propiedades que poseen los CFC's son su baja toxicidad, no son inflamables ni corrosivos, y su compatibilidad con otros materiales es excelente.

Los refrigerantes más destacados de este grupo son el R-11 y R-12, cuyos nombres comerciales son Freón 11 y Freón 12 respectivamente.

El consumo y manipulación de este tipo de refrigerantes en los países en desarrollo se eliminó totalmente en el año 2010. En Europa se prohibió la venta y uso de los CFC's en el 2000.

b.2. Hidroclorofluorcarbonados (HCFC's)

Estos refrigerantes contienen átomos de hidrógeno, cloro, flúor y carbono en sus moléculas. Debido a su bajo contenido de cloro y a la presencia de átomos de hidrógeno, poseen un potencial muy reducido de destrucción de la capa de ozono, ya que el hidrógeno le confiere menos estabilidad una vez que suben a la atmósfera.

El refrigerante más destacado de este grupo es el R-22, cuyo nombre comercial es Freón 22.

Para los países en desarrollo está permitido el uso de este tipo de refrigerantes hasta el año 2040. En Europa se tiene previsto la prohibición total del uso de los HCFC's para el año 2015.

b.3. Hidrofluorcarbonados (HFC's)

Estos refrigerantes contienen hidrógeno, flúor y carbono. No contienen cloro y por consiguiente no dañan la capa de ozono, pero utilizan en su composición otros gases que producen Efecto Invernadero, y es por eso que está prohibido soltarlos a la atmosfera siendo obligada la recuperación para su destrucción o reciclaje. En la actualidad son los más utilizados.

Los HFC's más utilizados y considerados como refrigerantes definitivos son el R-134a, R-404A, R507, R-407C, R-417A y el R-410A, los cuales se los identifica bajo el nombre comercial de SUVA.

c. Mezclas zeotrópicas

Son mezclas formadas por 3 o 4 refrigerantes saturados halogenados puros, cuyos componentes se pueden separar por destilación. Durante los fenómenos de cambio de fase a presión constante (es decir vaporización o condensación) del refrigerante zeotrópico, la temperatura de cada uno de sus componentes son diferentes. La diferencia de estas temperaturas es una característica fundamental de estos refrigerantes, llamada deslizamiento (glide). Por lo tanto, en este tipo de refrigerantes las composiciones de las fases líquida y vapor, en equilibrio termodinámico son diferentes.

La carga de refrigerante en la instalación frigorífica debe realizarse obligatoriamente en fase líquida, ya que es la fase donde el refrigerante presenta mayor homogeneidad. En caso de fuga se hará necesario reponer totalmente la carga de refrigerante en la instalación frigorífica.

Según la standard 34 de la ASHRAE, las mezclas zeotrópicas se identifican por un número de tres cifras que comienza con el 4 (Serie 400), seguido de una letra mayúscula para diferenciar las diversas proporciones de los componentes de la mezcla. Ejemplos: R 401A (mezcla de R 22, R 152a y R 124), R 404A, R 407C, R 401B.

d. Mezclas azeotrópicas

Son mezclas formadas por dos refrigerantes saturados halogenados puros, cuyos componentes no se pueden separar por destilación.

Una mezcla azeotrópica se evapora y condensa como una sustancia simple o pura (su temperatura de cambio de estado es constante), con propiedades que son diferentes de las de sus constituyentes. Por lo tanto, en este tipo de mezclas las composiciones de las fases líquida y vapor, en equilibrio termodinámico son idénticas.

Según la standard 34 de la ASHRAE, las mezclas azeotrópicas se identifican por un número de tres cifras que comienza con el 5 (Serie 500), después de la letra R. Ejemplos: R 500 (mezcla de R12 y

R152a), R 501 (mezcla de R12 y R 22), R 502 (mezcla de R22 y R 115), R 503 (mezcla de R 13 y R 23). La única mezcla azeotrópica comercial es el refrigerante 500.

e. Hidrocarburos insaturados

Dos refrigerantes raramente utilizados son compuestos orgánicos no saturados: Refrigerante 1150 (etileno), y Refrigerante 1270 (propileno).

f. Compuestos inorgánicos

Muchos de los primitivos refrigerantes eran compuestos inorgánicos, algunos de los cuales siguen todavía utilizándose. Ejemplos: Amoníaco "NH₃" (R-717), Anhídrido Carbónico "CO₂" (R-744), Anhídrido Sulfuroso "SO₂" (R-764), Agua "H₂O" (R-718), y Aire (R-729).

Los refrigerantes también se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes criterios:

1. De acuerdo a la función que desempeñan los refrigerantes

De acuerdo a este criterio se clasifican en:

➤ Refrigerantes primarios

También denominados fluidos frigorígenos, se caracterizan por su tendencia a vaporizarse a bajas temperaturas al absorber calor (en los evaporadores), y además por su fácil tendencia a condensarse

a temperaturas ambientes al ceder calor (en los condensadores). Ejemplos de este tipo de refrigerantes tenemos: R 717 (amoníaco), R 12, R 22, R 502, etc.

Estos refrigerantes son usados en los sistemas de refrigeración directa.

➤ Refrigerantes secundarios

También denominados fluidos frigoríferos, los cuales son enfriados previamente por los refrigerantes primarios para posteriormente ser utilizados como agentes de enfriamiento para absorber calor del cuerpo o sustancia a enfriar.

Algunos refrigerantes comúnmente usados como refrigerantes secundarios son: el agua y las salmueras de cloruro de calcio y cloruro de sodio, así como los denominados líquidos anticongelantes debido a que tienen bajos puntos de congelación, los cuales son: glicoles de etileno y propileno, metanol (alcohol metílico), y glicerina.

Estos refrigerantes son usados en los sistemas de refrigeración indirecta.

2. De acuerdo a la seguridad del refrigerante

La norma standard 34 de la ASHRAE clasifica los refrigerantes en el tema de la seguridad con un código alfanumérico de dos caracteres: dos letras (A y B), la cual indica el grado de toxicidad del refrigerante; y tres números (1, 2 y 3), el cual indica el grado de inflamabilidad del refrigerante. Por ejemplo: B2, A1.

La clasificación en grupos de seguridad, es de acuerdo a los siguientes criterios:

➤ Según su toxicidad

Clase A: Agrupa los refrigerantes que no tienen toxicidad manifiesta a una concentración inferior de 400 ppm en volumen, y por tanto es una sustancia segura.

Clase B: Agrupa los refrigerantes para los cuales se han encontrado que hay algún tipo de toxicidad a una concentración inferior de 400 ppm en volumen.

➤ Según su inflamabilidad

Clase 1: Comprende los refrigerantes que no son inflamables en condiciones ambientales estándar.

Clase 2: Comprende los refrigerantes que son inflamables por encima de $0,10 \text{ Kg/m}^3$ a 21°C y $1,013 \text{ bar}$, y que tienen un poder calorífico inferior a 19.000 KJ/Kg .

Clase 3: Comprende los refrigerantes que son inflamables por debajo del mismo límite anterior, y que tienen un poder calorífico superior a 19.000 KJ/Kg.

Los refrigerantes pertenecientes a esta clase son muy inflamables.

Tabla 17: Clasificación actual de grupos de seguridad de refrigerantes.

Incremento de Inflamabilidad ↑	GRUPO DE SEGURIDAD	
	Mayor Inflamabilidad	Menor Toxicidad
	Menor Inflamabilidad	Mayor Toxicidad
	Propagación nula de llama	
	A3	B3
	A2	B2
	A1	B1
	→ Incremento de Toxicidad	

Fuente: Manual Técnico de Refrigeración y Aire Acondicionado, Emerson Climate Technologies.

3. De acuerdo a la peligrosidad que representan los refrigerantes para el medio ambiente

Existen dos índices representativos para evaluar el impacto ambiental global causado por los refrigerantes, los cuales son:

➤ Potencial de Agotamiento del Ozono (PAO)

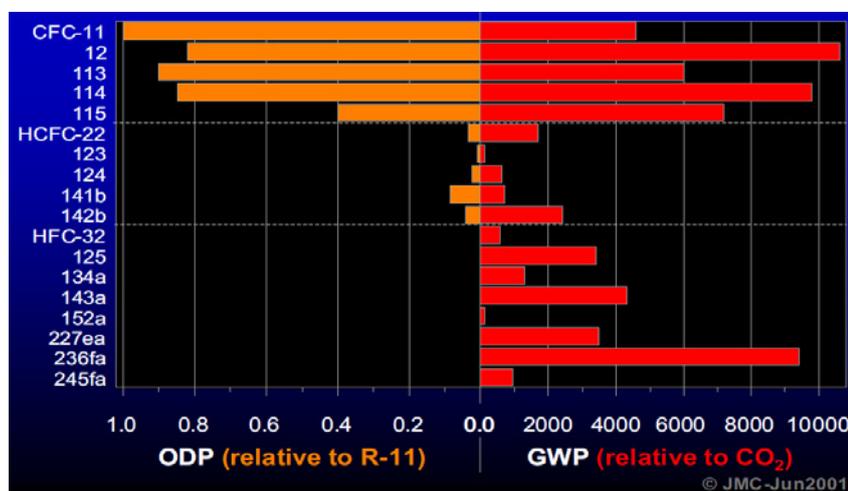
La sigla en inglés es ODP (Ozone Depletion Potential). El agotamiento de la capa de ozono es producido por los refrigerantes que contienen cloro en sus moléculas. El índice ODP mide la capacidad destructiva que ejerce un fluido refrigerante

sobre la capa de ozono tomando como referencia el ODP del refrigerante R-11 (CFC), cuyo valor es 1, ya que es el más destructivo para la capa de ozono. El ODP es cero para un refrigerante que no daña la capa de ozono.

➤ *Potencial de Calentamiento Global (PCG)*

La sigla en inglés es GWP (Global Warming Potencial). El índice GWP mide el efecto invernadero o calentamiento global que producen los refrigerantes. Este índice representa el número de Kg de CO₂ que deben ser lanzados a la atmósfera para provocar el mismo efecto sobre el calentamiento global que 1 Kg de gas refrigerante. En otras palabras, a lo largo de un periodo de tiempo (generalmente 100 años) de la emisión de 1 Kg de un gas refrigerante de efecto invernadero comparada al efecto de 1 Kg de CO₂ en el mismo periodo de tiempo.

Figura 10: Gráfica del efecto que producen los refrigerantes CFC's, HCFC's y HFC's sobre la capa de ozono y el calentamiento global.



Fuente: Refrigerant Data Summary, J. M. Calm and G. C. Hourahan.

Identificación de los refrigerantes

La identificación de un refrigerante puede hacerse a partir de su nombre químico según la formulación oficial vigente, su fórmula química, el nombre comercial o el código asignado por un organismo internacional. Un ejemplo sería el clorodifluorometano, cuya fórmula es CHClF_2 , su nombre comercial (uno de ellos) freón 22, y su nombre de código internacional R-22. En la práctica, los refrigerantes se identifican por su código internacional, el cual se basa en la instrucción Standard 34 de la ASHRAE que asigna a cada refrigerante un número determinado después de la letra R (refrigerante) en base a los criterios que se explican en la siguiente tabla.

Tabla 18: Denominación de los refrigerantes por su código internacional.

TIPO DE REFRIGERANTE	CÓDIGO INTERNACIONAL	LEYENDA	EJEMPLOS
Hidrocarburos Halogenados Puros sin Bromo	R-XYZ	X: # de átomos de carbono -1. (Si X=0 se omite). Y: # de átomos de hidrógeno +1. Z: # de átomos de flúor.	R-22 R-134a
Hidrocarburos Halogenados Puros con Bromo	R-XYZB # de átomos de bromo		R-13B1
Mezclas Zeotrópicas	R-4XX	Números arbitrarios de la serie 400	R-407C R-410A
Mezclas Azeotrópicas	R-5XX	Números arbitrarios de la serie 500	R-507A
Otros refrigerantes	R-6XX	Refrigerantes que no tienen cabida en otras denominaciones	R-600 R-600a
Refrigerantes Inorgánicos	R-7+PM	PM = Peso molecular	R-717 R-744

5.3. Características de los refrigerantes

El refrigerante primario más adecuado para un sistema de refrigeración directa debe reunir en lo posible las siguientes propiedades:

a. Propiedades Termodinámicas

a.1. Presión

a.1.1. Presiones a las temperaturas de evaporación y de condensación

Las presiones de trabajo deben ser lo suficientemente bajas para que el material que contiene al refrigerante sea de poco peso. Por otro lado, las presiones han de ser, con preferencia,

superiores a la atmosférica, para evitar que el aire entre en el sistema en el caso de fugas.

a.1.2. Presión crítica

La presión crítica del refrigerante debe estar muy arriba de su presión de condensación. Esta presión está regida por la calidad y temperatura del medio enfriador.

a.2. Temperatura

a.2.1. Punto de ebullición

La temperatura de evaporación del refrigerante debe ser superior a su temperatura de ebullición normal.

Un refrigerante absorbe mucho más calor cuando cambia de estado, de líquido a vapor, que cuando absorbe calor como líquido o como vapor. Por consiguiente el punto de ebullición de un refrigerante es de gran importancia, porque debe evaporar fácilmente por debajo de la temperatura del producto o espacio que debe enfriarse. Los refrigerantes que no tienen un punto de ebullición relativamente bajo, requieren que el compresor sea operado con un vacío profundo. Esto puede causar una disminución de la capacidad y eficiencia del sistema de refrigeración.

a.2.2. Punto de congelación

El refrigerante debe trabajar por encima de su temperatura de congelación, por lo que es deseable un punto de congelación bajo, particularmente en aplicaciones de temperaturas extremadamente bajas. Este punto de congelación debe ser lo suficientemente más bajo que cualquier temperatura anticipada del evaporador.

a.2.3. Temperatura crítica

La temperatura crítica del refrigerante debe ser lo más alta posible con respecto a su temperatura de condensación. De otra manera, la condensación es imposible, independientemente del valor de la presión. La temperatura crítica de casi todos los refrigerantes, excepto el CO₂, está muy arriba de la temperatura de condensación.

a.2.4. Temperatura de descarga

La temperatura a la cual es descargado el vapor refrigerante del compresor se llama temperatura de descarga, que preferiblemente debe ser más baja de 100°C, porque temperaturas más altas que 150°C pueden carbonizar el aceite lubricante o dañar algunos de los componentes del sistema de refrigeración.

a.3. Tasa o relación de compresión

La tasa o relación de compresión debe ser pequeña para que el rendimiento volumétrico del compresor sea mayor, además cuando la relación de compresión es alta, la potencia requerida por el compresor es muy grande.

a.4. Entalpia de evaporación o calor latente de vaporización

El contenido de calor latente de vaporización del refrigerante debe ser alto, ya que de esta manera se hace circular en un sistema frigorífico menos refrigerante por cada tonelada de efecto de refrigeración producido, y puede usarse un compresor de menor potencia.

El efecto de refrigeración de un refrigerante se mide por la cantidad de calor que es capaz de absorber desde que entra al evaporador como líquido, hasta que sale como vapor. Por lo tanto, los refrigerantes que poseen un alto calor latente de vaporización poseen un buen efecto de refrigeración.

a.5. Densidad y volumen específico

La densidad y el volumen específico de un refrigerante son dos propiedades que tienen una relación recíproca. El refrigerante en fase de vapor debe tener una alta densidad y bajo volumen específico, ya que esto permite utilizar líneas (tuberías) más

pequeñas en un sistema de refrigeración, por ende la construcción e instalación del mismo cuesta menos.

b. Propiedades Químicas

b.1. Estabilidad química y efecto de la humedad

Los refrigerantes deben ser estables, de tal manera que los continuos cambios de presión y temperatura dentro del sistema de refrigeración no afecten sus propiedades. Asimismo, deben resistir cualquier descomposición química ocasionada por contaminación con el aire, el aceite o el agua.

Si el refrigerante en un sistema es inestable, rápidamente será inútil, ya que una reacción química cambiará las características o propiedades originales del refrigerante. La descomposición del refrigerante añadirá gases no condensables, causando presiones y temperaturas anormales dentro del sistema.

Muchos refrigerantes en su estado puro no son corrosivos, pero al combinarse con el agua forman compuestos altamente corrosivos (generalmente ácidos).

b.2. Reacción con los materiales de construcción

La acción sobre los materiales (metales, elastómeros y plásticos) utilizados en la instalación frigorífica debe ser nula.

La clase de material que debe emplearse para contener al refrigerante a usar, viene generalmente dictada por éste. Ciertos metales pueden ser atacados por los refrigerantes. El amoníaco, por ejemplo, reacciona con el cobre, el latón u otras aleaciones de cobre en presencia del agua. Por lo tanto, el hierro y el acero son los metales comúnmente empleados en los sistemas de amoníaco. Los hidrocarburos halogenados pueden reaccionar con el cinc, pero no con el cobre, aluminio, hierro y acero. En presencia de una pequeña cantidad de agua, los hidrocarburos halogenados forman ácidos que atacan a la mayoría de los metales.

La mayoría de los materiales plásticos, no son afectados por los refrigerantes halogenados, por lo que se pueden utilizar en forma satisfactoria en la mayoría de las aplicaciones.

Los hidrocarburos halogenados atacan al caucho natural, por lo que debe usarse en las empaquetaduras y juntas de estanqueidad caucho sintético del tipo neopreno.

c. **Propiedades de Seguridad**

c.1. **Inflamabilidad**

El refrigerante no debe ser explosivo ni inflamable, ya que las fugas de refrigerante pueden causar una concentración crítica y originar

incendios o explosiones. Los hidrocarburos halogenados se consideran no inflamables.

c.2. Toxicidad

El refrigerante no debe ser tóxico. La sofocación y el envenenamiento están comprendidos en la toxicidad.

Un refrigerante tóxico es el que es perjudicial a los seres humanos cuando se mezcla con el aire en pequeños porcentajes. Todos los refrigerantes comunes, excepto el aire, pueden causar sofocación, pero esto, generalmente, sólo ocurre a altas concentraciones. El grado de toxicidad varía de un refrigerante a otro, y depende de sus características y del tiempo en que se esté expuesto a los mismos.

Los hidrocarburos halogenados no son tóxicos cuando se mezclan con el aire. Sin embargo, su descomposición en presencia de una llama puede ser peligrosa.

c.3. Daño a los productos refrigerados

La acción sobre los productos alimenticios debe ser nula.

Cuando por una fuga en el sistema de refrigeración es posible que llegue el refrigerante a estar en contacto con los productos refrigerados, hay que tener en cuenta los efectos de este contacto.

El amoníaco se disuelve en agua, y la mayoría de los productos alimenticios contienen agua. En pequeñas concentraciones, los efectos del amoníaco sobre los alimentos es insignificante, pero a altas concentraciones, o con largos periodos de exposición, los alimentos toman mal sabor, e incluso pueden ser tóxicos. Los hidrocarburos halogenados no tienen efecto perjudicial sobre los alimentos, pieles o telas.

d. Propiedades Técnicas

d.1. Tendencia a las fugas y detección

La tendencia de un refrigerante a las fugas debe ser pequeña, y la detección de las fugas debe ser fácil, para disminuir el costo del refrigerante perdido y del trabajo de reparación de la fuga y sustitución del refrigerante.

Algunos refrigerantes tienen más capacidad para fugarse que otros; mientras más denso es un refrigerante, menor es su posibilidad de fuga. El método para detectar fugas varía de acuerdo al refrigerante utilizado en el sistema.

Los hidrocarburos halogenados son inodoros. Por lo tanto, la carga completa de refrigerante puede escaparse sin que se advierta. El primer aviso aparecerá cuando el sistema haya perdido la capacidad de refrigeración. El método más efectivo para detectar

las fugas de estos refrigerantes es utilizando un detector electrónico de fugas. Una fuga de amoníaco se detecta fácilmente por el olor.

d.2. Viscosidad y conductividad térmica

La viscosidad y la conductividad térmica tienen gran influencia en las características de transmisión del calor del refrigerante. Para una buena transmisión de calor, la viscosidad debe ser baja y la conductividad térmica alta.

d.3. Miscibilidad refrigerante – aceite

El refrigerante debe ser química y físicamente estable en presencia del aceite de lubricación del compresor, y a su vez, no debe influir en las características químicas del aceite.

Ya que no se puede evitar que algo de aceite salga del compresor y se vaya hacia el sistema junto con el refrigerante, aun cuando se cuente con un separador de aceite, una propiedad deseable del refrigerante es que sea miscible con el aceite, pero esta miscibilidad tiene sus ventajas y desventajas, las cuales con:

Ventajas:

- Facilidad relativa para retornar el aceite al compresor.
- Lubricación de diferentes partes del sistema, como las válvulas.

Desventajas:

- Solubilidad en el cárter: Puesto que la presión tiende a igualarse entre el lado de alta y el de baja, cuando el sistema no está operando, el refrigerante tiende a acumularse en el cárter. Debido a la miscibilidad, el refrigerante se disuelve en el aceite y cuando esto sucede, los cojinetes pueden no tener la lubricación suficiente por un breve periodo al arranque del compresor. Eventualmente, esta condición puede causar desgaste excesivo y falla de los cojinetes.
- Adherencia y formación de una película de aceite sobre la superficie de los tubos del evaporador, disminuyendo su capacidad de transferencia de calor.

Precio y disponibilidad del Refrigerante

Además de todas las características mencionadas anteriormente que debe reunir un refrigerante idóneo, también deberá ser económico y tener una buena disponibilidad en el mercado.

5.4. Selección del refrigerante

El refrigerante que se va a seleccionar para el circuito frigorífico de todas las cámaras va a ser del grupo de los HFC's, ya que estos son los que están permitidos actualmente. No se considera los refrigerantes del

grupo de los CFC's porque está prohibido su uso, ni los del grupo de los HCFC's ya que estos serán suprimidos totalmente a corto plazo.

Ya que las cámaras de paletizado, pre-enfriamiento y conservación van a operar a alta temperatura (13°C, 7°C y 10°C respectivamente), y en base a la guía de selección de refrigerantes Suva de la empresa Dupont del Anexo 4 se selecciona el refrigerante HFC de largo plazo R-134a, cuyo nombre comercial es Suva 134a, ya que este refrigerante es adecuado para aplicaciones de media y alta temperatura, es una buena alternativa para equipos nuevos, y trabaja mejor arriba de los 7°C de evaporación.

Los otros refrigerantes más usados en circuitos frigoríficos del grupo de los HFC's que se descartaron en la selección del refrigerante son el R-404A y R-507, ya que estos están destinados para aplicaciones de media y baja temperatura; y el R-407C y R-410A, debido a que se los utiliza para aplicaciones de aire acondicionado y bombas de calor. También se descartó el refrigerante R-717 (Amoniaco), debido a que es un gas altamente tóxico e inflamable, corroe al cobre y sus aleaciones, lo cual exige que el material de las tuberías, intercambiadores de calor, y los accesorios del sistema de refrigeración sean de acero; por otro lado el amoniaco es muy disolvente en agua, por lo cual en caso de una fuga en el circuito frigorífico, puede hacer que los productos alimenticios almacenados adquieran un mal sabor, incluso que sean perjudiciales

para la salud, debido a que estos contienen un determinado porcentaje de agua.

Otro factor determinante que se tomó en consideración para la selección del R-134a es que su precio por Kg de refrigerante es menor que los demás refrigerantes del grupo de los HFC's.

Refrigerante R-134a

Descripción:

El R134a es un gas refrigerante HFC puro que sustituye al R-12 en instalaciones nuevas.

El R-134a es un excelente refrigerante utilizado en una gran variedad de aplicaciones e incluso como componente de muchas de las mezclas HFC's existentes en el mercado. Además permite trabajar a presiones más bajas que el resto de los HFC's, y es un producto muy eficiente energéticamente para temperaturas altas y medias.

Características:

- Facilidad de servicio: Se puede recargar en caso de fugas.
- Las fugas no alteran su composición.
- No daña la capa de ozono (ODP = 0), y su efecto invernadero es muy bajo.

- Muy eficiente energéticamente aunque precisa de un compresor mayor (mayor volumen de cilindrada) respecto a otros refrigerantes HFC's.
- Clasificación de seguridad: A1 "Baja toxicidad y no inflamable".
- Puede cargarse tanto en fase líquida como vapor, ya que se trata de un gas puro, no de una mezcla.
- El R-134a presenta presiones de condensación muy inferiores al R-22, lo cual, unido a su temperatura crítica elevada (101,1°C) lo convierte en la mejor elección para aplicaciones con altas temperaturas de condensación (con medias y altas temperaturas de evaporación).
- El R-134a presenta coeficientes de desempeño (COP) similares e incluso superiores al R-22 en media y alta temperatura de evaporación. Es por tanto, el mejor refrigerante HFC (definitivo) desde el punto de vista del ahorro energético.
- Tiene una gran estabilidad térmica y química.
- Posee una excelente compatibilidad con la mayoría de los materiales utilizados en las instalaciones frigoríficas.
- No tiene efecto perjudicial sobre los alimentos.
- Los HFC's son muy higroscópicos (capacidad que tiene una sustancia de absorber la humedad del aire del ambiente), ya que aproximadamente son 25 veces más higroscópicos que los refrigerantes CFC's. Por tal motivo una práctica segura para evitar que el refrigerante R-134a absorba humedad del aire ambiental al momento de cargarlo al sistema de refrigeración es utilizando un filtro deshidratador.

En la hoja de especificaciones del R-134a del Anexo 5 se dan las demás características de este refrigerante.

Aplicaciones:

- Aire acondicionado de vehículos.
- Frigoríficos domésticos.
- Enfriadores de agua centrífugos.
- Bombas de calor.
- Cámaras de conservación.
- Transporte frigorífico.
- Refrigeración comercial.

Aceites compatibles:

El R-134a no es miscible con los aceites minerales y los aceites sintéticos alquilbencenos debido a que no posee átomos de cloro en sus moléculas, pero si es miscible con los aceites sintéticos Polyol-éster (POE).

Características del aceite sintético POE:

- Altamente soluble en los nuevos refrigerantes sin cloro (HFC's).
- Excelente estabilidad química y térmica.
- Evitan depósitos en el condensador y evaporador.
- Conductividad térmica constante.
- Alto índice de viscosidad. Buena lubricación a alta temperatura.
- Excelente fluidez a bajas temperaturas.

- Larga vida útil del aceite. Alta resistencia a la oxidación.
- Compatibilidad con materiales elastómeros y sellos más habituales.

Los aceites POE son altamente higroscópicos, ya que son 10 veces más higroscópicos que los aceites minerales, por tal motivo se debe reducir al máximo su exposición al medio ambiente, y sólo debe abrirse el recipiente que lo contiene en el momento en que va a ser cargado al compresor del sistema de refrigeración.

5.5. Determinación de las temperaturas de condensación y evaporación del refrigerante seleccionado

Para determinar las temperaturas de condensación y de evaporación del refrigerante de los sistemas de refrigeración de todas las cámaras primero se debe definir el tipo de condensador y evaporador que se van a utilizar en las mismas.

Ya que las potencias frigoríficas de los sistemas de refrigeración de las cámaras no son elevadas se va a emplear condensadores enfriados por aire de circulación forzada.

Para todas las cámaras se selecciona el evaporador a tubos aleteados de circulación forzada, ya que son los más utilizados para cámaras frigoríficas en el mercado actual.

Tabla 19: Propiedades de saturación del R-134a.**HFC-134a Saturation Properties—Temperature Table**

TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m ³ /kg		DENSITY kg/m ³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg)(K)		TEMP. °C
		LIQUID v _f	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _f	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
-5	243.39	0.0008	0.0828	1309.4	12.082	193.3	202.5	395.9	0.9755	1.7308	-5
-4	252.74	0.0008	0.0798	1306.2	12.526	194.6	201.8	396.4	0.9804	1.7302	-4
-3	262.36	0.0008	0.0770	1303.0	12.983	196.0	201.1	397.0	0.9853	1.7295	-3
-2	272.26	0.0008	0.0743	1299.8	13.454	197.3	200.3	397.6	0.9902	1.729	-2
-1	282.45	0.0008	0.0718	1296.5	13.937	198.7	199.6	398.2	0.9951	1.7284	-1
0	292.93	0.0008	0.0693	1293.3	14.435	200.0	198.8	398.8	1.0000	1.7278	0
1	303.70	0.0008	0.0669	1290.0	14.946	201.3	198.0	399.4	1.0049	1.7273	1
2	314.77	0.0008	0.0646	1286.7	15.472	202.7	197.3	400.0	1.0098	1.7267	2
3	326.16	0.0008	0.0624	1283.4	16.013	204.0	196.5	400.5	1.0146	1.7262	3
4	337.85	0.0008	0.0604	1280.1	16.569	205.4	195.7	401.1	1.0195	1.7257	4
5	349.87	0.0008	0.0583	1276.7	17.140	206.8	194.9	401.7	1.0244	1.7252	5
6	362.21	0.0008	0.0564	1273.4	17.726	208.1	194.2	402.3	1.0292	1.7247	6
7	374.88	0.0008	0.0546	1270.0	18.329	209.5	193.4	402.8	1.0340	1.7242	7
8	387.88	0.0008	0.0528	1266.6	18.948	210.8	192.6	403.4	1.0389	1.7238	8
9	401.23	0.0008	0.0511	1263.2	19.583	212.2	191.8	404.0	1.0437	1.7233	9
40	1017.61	0.0009	0.0200	1146.1	50.072	256.6	163.2	419.8	1.1912	1.7122	40
41	1045.16	0.0009	0.0194	1141.9	51.508	258.1	162.1	420.2	1.1959	1.7119	41
42	1073.26	0.0009	0.0189	1137.6	52.980	259.6	161.0	420.6	1.2006	1.7115	42
43	1101.93	0.0009	0.0184	1133.3	54.490	261.1	159.9	421.1	1.2053	1.7112	43
44	1131.16	0.0009	0.0178	1128.9	56.040	262.7	158.8	421.5	1.2101	1.7108	44

a. Cálculo de la temperatura y presión de condensación del refrigerante para la Cámara de Paletizado

En la práctica se adopta generalmente $\Delta T_{\text{Cond.}} = 10$ a 15°C para condensadores enfriados por aire.

Datos:

Se selecciona $\Delta T_{\text{Cond.}} = 15^\circ\text{C}$

$\bar{T}_{\text{Amb.}} = 25^\circ\text{C}$

$$\Delta T_{\text{Cond.}} = T_{\text{Cond.}} - \bar{T}_{\text{Amb.}}$$

$$T_{\text{Cond.}} = 15 + 25 = 40^\circ\text{C}$$

Con esta temperatura de condensación, y por medio de la tabla de propiedades del refrigerante R-134a (Tabla 19) se obtiene la presión

de condensación correspondiente, cuyo valor es: $P_{\text{Cond.}} = 1.017,1 \text{ KPa}$

b. Cálculo de la temperatura y presión de evaporación del refrigerante para la Cámara de Paletizado

En el caso de que el medio a enfriar sea el aire de un local, y si se tiene una humedad relativa del mismo del 85%, se recomienda las diferencias de temperatura (diferencia entre la temperatura de dicho local y la temperatura de evaporación del refrigerante) dadas en la siguiente tabla.

Tabla 20: Diferencia de temperatura vs Humedad relativa.

HUMEDAD RELATIVA		85%
$\Delta T_{\text{Evap.}} (\text{°C})$	Tubos lisos	5
	Tubos con aletas	7-8

Datos:

$$T_{\text{Cám. Pal.}} = 13\text{°C}$$

$$\Psi_{\text{Cám. Pal.}} = 85\%$$

Ya que la humedad relativa de la cámara es de 85%, y el evaporador es de tubos con aletas, en base a la Tabla 20 se selecciona $\Delta T_{\text{Evap.}} = 8\text{°C}$.

$$\Delta T_{\text{Evap.}} = T_{\text{Cám. Pal.}} - T_{\text{Evap.}}; T_{\text{Evap.}} = 13 - 8 = 5\text{°C}$$

Con esta temperatura de evaporación, y por medio de la tabla de propiedades del refrigerante R-134a (Tabla 19) se obtiene la presión de evaporación correspondiente, cuyo valor es: $P_{\text{Evap.}} = 350,06 \text{ KPa}$

c. Cálculo de la temperatura y presión de condensación del refrigerante para la Cámara de Pre-enfriamiento

Los valores de la temperatura y presión de condensación para esta cámara son los mismos que los que se calcularon para la cámara de paletizado, ya que los valores de $\Delta T_{\text{Cond.}}$ y $\bar{T}_{\text{Amb.}}$ no varían, por lo tanto se tiene: $T_{\text{Cond.}} = 40^{\circ}\text{C}$ y $P_{\text{Cond.}} = 1.017,1 \text{ KPa}$

d. Cálculo de la temperatura y presión de evaporación del refrigerante para la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

$$T_{\text{Cám. Pre.}} = 7^{\circ}\text{C}$$

$$\Psi_{\text{Cám. Pre.}} = 85\%$$

En base a la Tabla 20 se selecciona $\Delta T_{\text{Evap.}} = 8^{\circ}\text{C}$

$$\Delta T_{\text{Evap.}} = T_{\text{Cám. Pre.}} - T_{\text{Evap.}}; \quad T_{\text{Evap.}} = 7 - 8 = -1^{\circ}\text{C}$$

La presión de evaporación correspondiente de acuerdo a la Tabla 19 es: $P_{\text{Evap.}} = 282,68 \text{ KPa}$

e. Cálculo de la temperatura y presión de condensación del refrigerante para las Cámaras de Conservación

Los valores de la temperatura y presión de condensación para estas cámaras son los mismos que los que se calcularon para la cámara de paletizado, ya que los valores de $\Delta T_{\text{Cond.}}$ y $\bar{T}_{\text{Amb.}}$ no varían, por lo tanto se tiene: $T_{\text{Cond.}} = 40^{\circ}\text{C}$ y $P_{\text{Cond.}} = 1.017,1 \text{ KPa}$

f. Cálculo de la temperatura y presión de evaporación del refrigerante para las Cámaras de Conservación

Datos:

Para ambas cámaras se tiene:

$$T_{\text{Cám. Cons.}} = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\Psi_{\text{Cám. Cons.}} = 85\%$$

En base a la Tabla 20 se selecciona $\Delta T_{\text{Evap.}} = 8^{\circ}\text{C}$

$$\Delta T_{\text{Evap.}} = T_{\text{Cám. Cons.}} - T_{\text{Evap.}}; T_{\text{Evap.}} = 10 - 8 = 2^{\circ}\text{C}$$

La presión de evaporación correspondiente de acuerdo a la Tabla

19 es: $P_{\text{Evap.}} = 314,84 \text{ KPa}$

CAPITULO 6

6. SELECCIÓN DEL CICLO TERMODINÁMICO DEL SISTEMA

6.1. Sistemas de refrigeración

Los sistemas de refrigeración difieren según las necesidades o requerimientos de producción frigorífica y según la clase de producto a ser refrigerado.

Es decir, que en cada caso el problema de aplicar frío resulta en un estudio particular del sistema más ventajoso que deba emplearse.

6.1.1. Tipos de sistemas de refrigeración

Los sistemas de refrigeración se clasifican de acuerdo al tipo de refrigerante que se va a utilizar en la instalación frigorífica, con lo cual se tiene:

- Sistemas de Refrigeración Directa o Expansión Directa.

- Sistemas de Refrigeración Indirecta.

a. Sistemas de Refrigeración Directa

Estos sistemas operan exclusivamente con refrigerantes primarios. El evaporador de este sistema está en contacto directo con el espacio o con el material que está siendo refrigerado.

Los sistemas de refrigeración directa o más comúnmente llamados de expansión directa se clasifican según las etapas de presión a la cual trabaja (n) el (o los) compresor (es) de la planta frigorífica, con lo cual se tiene:

- Ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica.
- Ciclo de refrigeración a múltiples etapas de compresión mecánica.

Definición de un ciclo de refrigeración

A medida que el refrigerante circula a través del sistema, éste pasa por un número de cambios en su estado o condición, cada uno de los cuales es llamado un proceso. El refrigerante empieza en algún estado o condición inicial, pasa a través de una serie de procesos en una secuencia definida y regresa a su condición inicial. Esta serie de procesos es llamada un ciclo.

a.1. Ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica

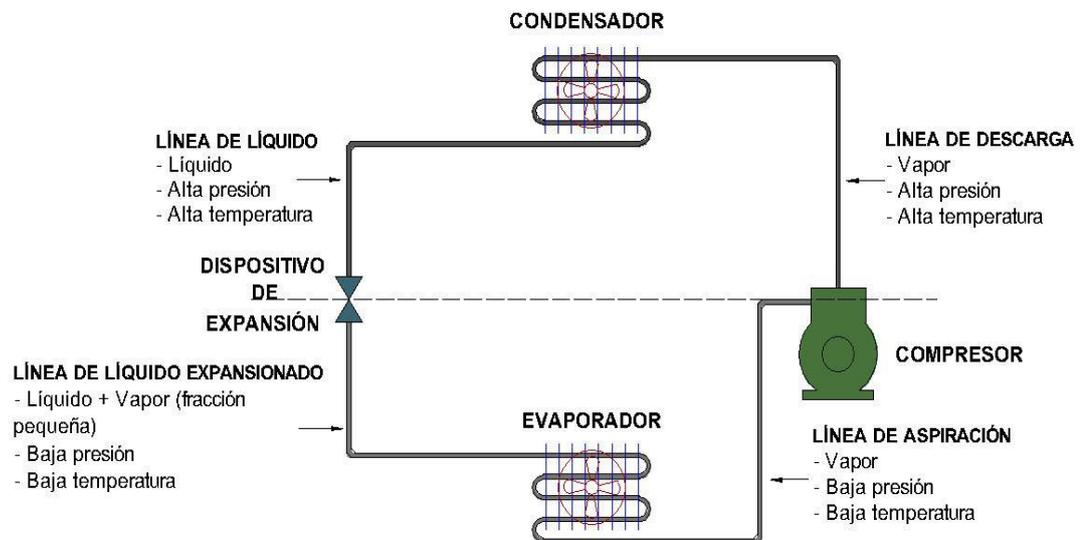
También llamado ciclo de refrigeración simple de compresión – vapor, el cual consta de cuatro procesos fundamentales: expansión, vaporización, compresión y condensación.

Es el sistema de refrigeración más ampliamente utilizado debido a su simplicidad y versatilidad.

Las presiones y temperaturas de condensación y evaporación del refrigerante en este tipo de ciclo de refrigeración no difieren excesivamente.

Un ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica, tal como se muestra en la Figura 11, se compone de cuatro elementos principales unidos entre sí por medio de líneas frigoríficas, los cuales son: compresor, condensador, dispositivo de expansión, y evaporador.

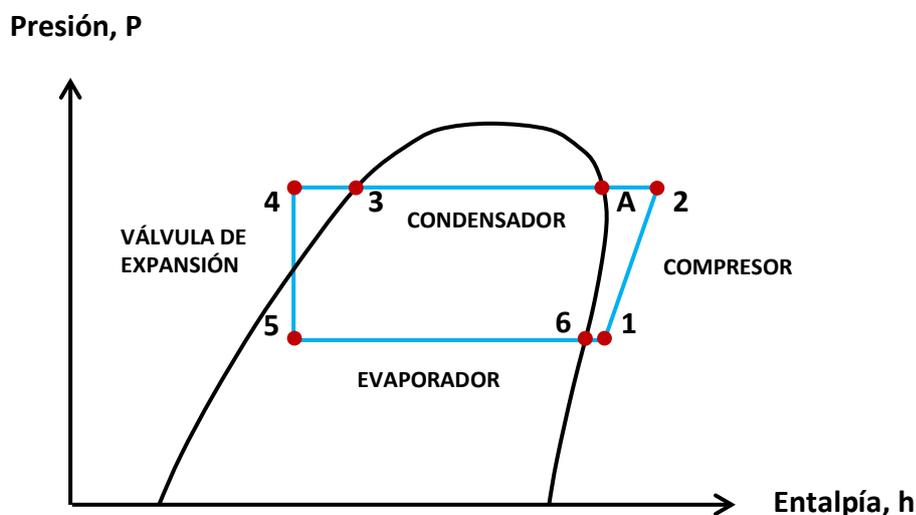
Figura 11: Ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica



Estudio de los procesos que ocurren en el ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica

El ciclo de refrigeración de una máquina frigorífica a una etapa de compresión mecánica puede ser representado en el diagrama de Mollier del refrigerante utilizado en dicha máquina por medio de cuatro líneas, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 12: Representación del ciclo de refrigeración de una máquina frigorífica a una etapa de compresión mecánica en el diagrama de Mollier.



A continuación se detalla los procesos que ocurren en los elementos principales del ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica:

➤ Evaporador

Los procesos que tienen lugar en el evaporador se representan en el diagrama de la Figura 12 por el segmento $5 \rightarrow 1$, que es una línea horizontal y por tanto de presión constante (isobara). En el Punto 5 ingresa al evaporador una mezcla de líquido y vapor de refrigerante procedente del dispositivo de expansión. Esta mezcla se encuentra a baja temperatura y a baja presión.

El proceso $5 \rightarrow 6$ representa la ebullición del refrigerante líquido; a lo largo de este tramo el líquido se vaporiza, ganando calor latente

procedente de la cámara a enfriar. Durante este proceso la temperatura y presión permanecen teóricamente constantes.

Al llegar al Punto 6, todo el refrigerante se encuentra en estado de vapor saturado. Aunque este vapor está a baja temperatura, su escasa capacidad para absorber calor (pequeño calor específico) hace que su uso para enfriamiento del producto ya no sea interesante.

El proceso $6 \rightarrow 1$ recibe el nombre de recalentamiento, el cual consiste en ceder algo de calor al vapor refrigerante para recalentarlo, y de esta forma alejarlo de la línea de saturación. Esta cantidad de calor que absorbe el gas refrigerante se produce al final del evaporador (en el último tramo del tubo del evaporador).

Recalentamiento:

La finalidad del recalentamiento del gas refrigerante a la salida del evaporador es asegurar que no entre refrigerante líquido al compresor, para que de esta manera no se produzca golpe de líquido en el mismo, y evitar el consecuente daño mecánico que acarrearía, debido a que los líquidos son incompresibles.

Los valores recomendados para el recalentamiento del gas refrigerante que se obtiene a la salida del evaporador están entre 3 a 7 K (o °C). Para determinar este recalentamiento se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 16:

Recalentamiento = Temperatura del refrigerante a la salida del evaporador – Temperatura de evaporación del refrigerante

El recalentamiento adicional del gas refrigerante después de salir del evaporador, es decir, en la línea de succión puede acarrear las siguientes consecuencias:

- Disminución de la capacidad frigorífica del evaporador.
- Aumento de la potencia consumida por el compresor, por ende se incrementa el costo de operación del sistema de refrigeración.
- Elevadas temperaturas de descarga, lo cual provocaría una carbonización del aceite del compresor, con el consecuente desgaste prematuro de todas las partes móviles del mismo.

Para evitar el recalentamiento adicional del gas refrigerante se recomienda aislar la línea de succión o aspiración.

➤ **Compresor**

Se representa en el diagrama de la Figura 12 mediante el segmento 1 → 2. Este proceso tiene lugar, teóricamente, a lo largo de una línea llamada isentrópica (entropía constante), que considera el comportamiento del compresor como ideal (compresión isentrópica), resultando una buena aproximación.

En la aspiración del compresor (Punto 1) entra vapor recalentado proveniente del evaporador, y en la descarga del mismo (Punto 2) sale vapor recalentado.

Durante el proceso de compresión, el refrigerante aumenta su presión y como consecuencia también su temperatura.

➤ **Condensador**

Los procesos que tienen lugar en el condensador se representan en el diagrama de la Figura 12 por el segmento $2 \rightarrow 4$, que es una línea horizontal y por tanto de presión constante (isobara).

En el Punto 2 entra al condensador refrigerante como vapor recalentado a alta presión y alta temperatura proveniente del compresor.

En el primer tramo del condensador ($2 \rightarrow A$), el vapor se desrecalienta al ceder calor sensible al medio condensante, con lo cual disminuye su temperatura, pero sigue permaneciendo en estado de vapor.

En el Punto A, el refrigerante se encuentra como vapor saturado en las primeras filas del condensador, en este punto el refrigerante alcanza la temperatura de rocío a la presión de condensación. A partir de ese instante el vapor refrigerante se empieza a condensar a lo largo del segmento $A \rightarrow 3$ ya que cede calor latente al medio condensante. Es importante hacer notar que durante la condensación de fluidos puros, la temperatura permanece constante.

En el Punto 3 termina el proceso de condensación cerca del final del condensador, ya que todo el refrigerante está en estado de líquido saturado. En este punto el líquido refrigerante todavía está más caliente que el medio condensante, por lo que todavía se puede enfriar un poco más.

Al proceso 3 → 4 se le llama subenfriamiento, a lo largo de él, el refrigerante pierde temperatura ya que cede calor sensible al medio condensante, con lo cual a la salida del condensador (punto 4) se obtiene refrigerante en estado de líquido subenfriado.

El subenfriamiento solo se puede obtener al final del condensador o en la línea de líquido, después de que todo el vapor se ha condensado.

Subenfriamiento:

El subenfriamiento del líquido refrigerante es muy importante y necesario, ya que evita la presencia indeseable de flash gas (evaporación instantánea de líquido) en la línea de líquido, y por consiguiente se evita también pérdidas de rendimiento del sistema frigorífico.

El subenfriamiento del líquido refrigerante mejorará la capacidad de la válvula de expansión termostática, y por ende habrá un mayor suministro de líquido refrigerante al evaporador, y con ello la producción frigorífica (efecto refrigerante) del mismo aumentará.

Los valores recomendados para el subenfriamiento del líquido refrigerante (proveniente del condensador) están entre 3 a 5 K (o °C).

Para determinar este subenfriamiento se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 17:

Subenfriamiento = Temperatura de Condensación – Temperatura del refrigerante en la línea de líquido (entre la botella de líquido y el filtro secador)

➤ **Dispositivo de Expansión**

En el dispositivo de expansión se reduce la presión, y por ende la temperatura del líquido refrigerante proveniente del condensador, a través de un proceso llamado laminación isoentálpica, representado en el diagrama de la Figura 12 como un segmento de línea recta vertical, desde el punto 4 hasta el punto 5.

La laminación isoentálpica consiste en hacer pasar el refrigerante a través del orificio estrecho de una válvula de expansión, o a través de un tubo capilar (tubo largo y de muy pequeño diámetro), para de esta manera provocar la pérdida de presión en el líquido refrigerante.

Durante este proceso la entalpía del fluido permanece constante, pero la presión y temperatura del mismo disminuyen, como consecuencia de la formación de una pequeña fracción de vapor refrigerante.

a.2. Ciclo de refrigeración a múltiples etapas de compresión mecánica

En el ciclo de refrigeración a múltiples etapas de compresión mecánica, el refrigerante se comprime dos o más veces en todas las etapas del ciclo, existiendo un enfriamiento del vapor recalentado después de cada compresión.

Se emplea este tipo de ciclo cuando se requiere obtener una temperatura muy baja en el evaporador, como por ejemplo en sistemas de congelación rápida (los cuales operan a bajas temperaturas y bajas presiones de evaporación).

No se puede utilizar máquinas frigoríficas a una etapa de compresión mecánica para obtener temperaturas muy bajas en el evaporador, ya que la diferencia de temperatura entre el condensador y el evaporador aumentaría (ya sea porque la temperatura de condensación se eleva o porque la temperatura de evaporación disminuye), y como consecuencia también aumentaría la tasa o relación de compresión del compresor de esta máquina, lo cual acarrearía inconvenientes como la disminución del rendimiento volumétrico e indicado del compresor, y un trabajo de compresión muy grande, que a su vez provocaría un aumento de la temperatura de descarga del refrigerante. Por tal

motivo se debe fraccionar la compresión en 2 o más etapas con enfriamiento entre dichas etapas de compresión.

A continuación se describen varios tipos de ciclos de refrigeración a múltiples etapas de compresión mecánica:

a.2.1. Ciclo de refrigeración a 2 etapas de compresión mecánica

Este tipo de máquina frigorífica utiliza un solo refrigerante, el cual se comprime dos veces en las dos etapas del ciclo (etapa de baja presión y etapa de alta presión), con enfriamiento de los vapores salidos del compresor de baja presión.

Este tipo de ciclo de refrigeración se usa principalmente en sistemas de congelación rápida, y la desventaja que tiene es que es más complejo y más caro que el de una etapa de compresión mecánica.

Se usan esencialmente dos tipos de ciclos de refrigeración a 2 etapas de compresión mecánica, los cuales son:

- Ciclo de Refrigeración a Inyección Total (Es uno de los más empleados en muy bajas temperaturas y principalmente con refrigerantes como el amoníaco).
- Ciclo de Refrigeración a Inyección Parcial.

Datos prácticos para adoptar un ciclo de refrigeración a 2 etapas de compresión

De acuerdo a la experiencia práctica es aconsejable adoptar un ciclo a 2 etapas, cuando:

- En el caso de operar con amoníaco:

$$\Delta T = T_{\text{Cond.}} - T_{\text{Evap.}} \geq 50^{\circ}\text{C} \quad \text{ó} \quad r_{\text{Comp.}} \geq 7$$

- En el caso de operar con refrigerantes halogenados:

$$\Delta T = T_{\text{Cond.}} - T_{\text{Evap.}} \geq 70^{\circ}\text{C} \quad \text{ó} \quad r_{\text{Comp.}} \geq 10$$

a.2.2. Ciclo de refrigeración a 3 etapas de compresión mecánica

Este tipo de máquina frigorífica utiliza un solo refrigerante, el cual se comprime tres veces en las tres etapas del ciclo (etapas de baja, media y alta presión), con enfriamiento de los vapores salidos de los compresores de baja y media presión.

Este ciclo de refrigeración se utiliza para la obtención de temperaturas aún más bajas que las del ciclo a 2 etapas de compresión.

a.2.3. Ciclo de refrigeración en cascada

Un sistema de refrigeración en cascada es un conjunto de dos o más ciclos frigoríficos a una etapa de compresión mecánica que operan en serie, en el cual el condensador de un ciclo cede calor al evaporador del ciclo que le sigue inmediatamente en el sentido de temperaturas crecientes. En un sistema de refrigeración en cascada de dos etapas, los dos ciclos o etapas se conectan por medio de un intercambiador de calor, el cual contiene el evaporador de un ciclo y el condensador del otro ciclo.

En el ciclo de refrigeración en cascada el evaporador de la primera máquina frigorífica (la de baja temperatura) absorbe el calor del medio a enfriar, y el condensador de la última máquina frigorífica (la de alta temperatura) es enfriado utilizando agua o aire.

En las máquinas frigoríficas en cascada el trabajo del compresor disminuye, y la cantidad de calor absorbido del espacio refrigerado aumenta, por lo cual son utilizadas en aplicaciones industriales que requieren temperaturas bajas. Por lo tanto, el sistema en cascada mejora el COP (Coeficiente de Performance) o Potencia Frigorífica Específica de un sistema de refrigeración.

Los refrigerantes utilizados en los ciclos del sistema de refrigeración en cascada pueden ser distintos, ya que no se produce mezcla de los mismos en el intercambiador de calor, por lo tanto los refrigerantes con características más deseables pueden utilizarse en cada ciclo.

b. Sistemas de Refrigeración Indirecta

Los sistemas de refrigeración indirecta son aquellos que hacen uso de refrigerantes secundarios para producir frío en el local a enfriar (cámara frigorífica, o tanque). Estos refrigerantes secundarios a su vez reciben el aporte frigorífico de los refrigerantes primarios a través de un intercambiador de calor. Por ello el sistema de refrigeración indirecta comprende dos circuitos: el circuito del refrigerante primario (refrigeración directa), y el circuito del refrigerante secundario, el cual está compuesto de los siguientes elementos:

- Un intercambiador de calor denominado batería frigorífica para la producción de frío en el local a enfriar.
- Una bomba para la circulación del refrigerante secundario.
- Una válvula de regulación.
- Un tanque aislado que contiene al refrigerante secundario y al evaporador del refrigerante primario para que se produzca el intercambio térmico entre ambos fluidos.

Ventajas:

- El empleo de un sistema de refrigeración indirecta permite alejar el circuito del refrigerante primario del local a enfriar, con ello se elimina los riesgos de contacto entre el refrigerante primario y el producto almacenado en dicho local, ya que es más fácil de que ocurran fugas en tuberías con refrigerante primario, que en tuberías con refrigerante secundario.
- Cuando se trata de instalaciones frigoríficas con tendidos largos de tubería se emplea el sistema de refrigeración indirecta. La razón de esto es debido a que las tuberías largas en los sistemas de refrigeración directa son raras veces prácticas. En primer lugar el costo de instalación es alto y necesitan una gran carga de refrigerante, además, con tuberías largas de refrigerante, sobre todo en tramos verticales grandes, crean problemas con el retorno del aceite y causan excesiva caída de presión en el refrigerante, con lo cual se tiende a reducir la eficiencia del sistema.
- Los líquidos anticongelantes o incongelables permiten la acumulación de frío gracias a la masa calorífica que poseen.

Desventajas:

- La implementación de este tipo de sistema de refrigeración es más costosa.

- Muy a menudo los líquidos incongelables utilizados en los sistemas de refrigeración indirecta presentan ciertos problemas como:
- Corrosión del circuito secundario y del tanque de intercambio térmico.
 - Condensación del agua atmosférica en el líquido incongelable.
 - Gran viscosidad de algunos de estos líquidos.
 - Cuando se trata de líquidos incongelables orgánicos eventualmente presentan toxicidad y combustibilidad.
 - Algunos de estos líquidos son muy costosos.

6.1.2. Selección del Sistema de Refrigeración

El sistema de refrigeración que se va a utilizar en todas las cámaras es el de expansión directa, ya que el refrigerante que se va a utilizar en el circuito frigorífico de las mismas es el R-134a (refrigerante primario).

Cálculo de la tasa o relación de compresión del compresor de la máquina frigorífica de cada cámara

- a. **Cálculo de la relación de compresión del compresor de la máquina frigorífica de la Cámara de Paletizado**

Para determinar la relación de compresión se utiliza la siguiente ecuación:

$$\textbf{Ecuación 18: } r_{\text{Comp.}} = \frac{P_{\text{Cond.}}}{P_{\text{Evap.}}}$$

Se debe tener presente que:

$$P_{\text{Cond.}} \approx P_{\text{Desc.}} \text{ (Presión de descarga)}$$

$$P_{\text{Evap.}} \approx P_{\text{Asp.}} \text{ (Presión de aspiración o de succión)}$$

Reemplazando los valores de las presiones de condensación y evaporación obtenidos anteriormente para esta cámara en la ecuación 18 se tiene:

$$r_{\text{Comp.}} = \frac{1.017,1}{350,06} = 2,9$$

b. Cálculo de la relación de compresión del compresor de la máquina frigorífica de la Cámara de Pre-enfriamiento

Mediante la ecuación 18 se tiene:

$$r_{\text{Comp.}} = \frac{1.017,1}{282,68} = 3,6$$

c. Cálculo de la relación de compresión de los compresores de las máquinas frigoríficas de las Cámaras de Conservación

Mediante la ecuación 18 se tiene:

$$r_{\text{Comp.}} = \frac{1.017,1}{314,84} = 3,2$$

6.2. Selección del ciclo de refrigeración a compresión

Debido a que todas las relaciones de compresión calculadas anteriormente son menores a 10, se va a utilizar el ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica para todas las cámaras frigoríficas.

6.3. Trazado del ciclo de refrigeración

El trazado del ciclo de refrigeración de la máquina frigorífica a una etapa de compresión mecánica de cada cámara se lo realiza utilizando el diagrama de Mollier (presión vs entalpía) del refrigerante R-134a. Este diagrama permite obtener los valores de las propiedades termodinámicas del R-134a para cualquier punto del ciclo.

a. Trazado del ciclo de refrigeración de la máquina frigorífica de la Cámara de Paletizado

Para trazar este ciclo en el diagrama de Mollier del R-134a se utiliza la siguiente información obtenida anteriormente:

Datos:

$$P_{\text{Cond.}} = 1.017,1 \text{ KPa} \quad (T_{\text{Cond.}} = 40^{\circ}\text{C})$$

$$P_{\text{Evap.}} = 350,06 \text{ KPa} \quad (T_{\text{Evap.}} = 5^{\circ}\text{C})$$

$$\text{Recalentamiento} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Subenfriamiento} = 5^{\circ}\text{C}$$

El trazado de este ciclo se muestra en el Apéndice B. A partir de este diagrama se obtienen las propiedades termodinámicas del R-134a en los puntos principales de este ciclo, las cuales son:

Entalpía:

$$h_1 = 408 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 427 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 = 258 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_4 = h_5 = 250 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_6 = 402 \text{ KJ/Kg}$$

Volumen Específico:

$$v_1 = 0,060 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$v_4 = 0,00086 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

b. Trazado del ciclo de refrigeración de la máquina frigorífica de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

$$P_{\text{Cond.}} = 1.017,1 \text{ KPa} (T_{\text{Cond.}} = 40^\circ\text{C})$$

$$P_{\text{Evap.}} = 282,68 \text{ KPa} (T_{\text{Evap.}} = -1^\circ\text{C})$$

$$\text{Recalentamiento} = 5^\circ\text{C}$$

$$\text{Subenfriamiento} = 5^\circ\text{C}$$

El trazado de este ciclo se muestra en el Apéndice C, a partir del cual se obtiene:

Entalpía:

$$h_1 = 404 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 431 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 = 258 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_4 = h_5 = 250 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_6 = 398 \text{ KJ/Kg}$$

Volumen Específico:

$$v_1 = 0,076 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$v_4 = 0,00086 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

c. Trazado del ciclo de refrigeración de las máquinas frigoríficas de las Cámaras de Conservación

Datos:

$$P_{\text{Cond.}} = 1.017,1 \text{ KPa} \quad (T_{\text{Cond.}} = 40^\circ\text{C})$$

$$P_{\text{Evap.}} = 314,84 \text{ KPa} \quad (T_{\text{Evap.}} = 2^\circ\text{C})$$

$$\text{Recalentamiento} = 5^\circ\text{C}$$

$$\text{Subenfriamiento} = 5^\circ\text{C}$$

El trazado de este ciclo se muestra en el Apéndice D, a partir del cual se obtiene:

Entalpía:

$$h_1 = 406 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 429 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 = 258 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_4 = h_5 = 250 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_6 = 400 \text{ KJ/Kg}$$

Volumen Específico:

$$v_1 = 0,067 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$v_4 = 0,00086 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

6.3.1. Cálculo de los principales parámetros del ciclo de refrigeración

Para determinar las características de los principales parámetros o elementos del ciclo de refrigeración se lo hace en base a las propiedades termodinámicas del refrigerante determinadas anteriormente en los puntos principales del ciclo de refrigeración a una etapa de compresión mecánica, tal como se aprecia en la Figura 12.

a. Evaporador:

a.1. Efecto refrigerante o Efecto de refrigeración

Es la cantidad de calor que cada unidad de masa de refrigerante absorbe del espacio refrigerado. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\textbf{Ecuación 19: } q_{f,ev} = h_6 - h_5$$

Dónde:

h_6 : Entalpía del refrigerante a la salida del evaporador.

h_5 : Entalpía del refrigerante a la entrada del evaporador.

a.2. Producción frigorífica volumétrica

Es la cantidad de frío producido por el evaporador, por unidad de volumen de fluido aspirado por el compresor. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 20: } q_{f,vol} = \frac{q_{f,ev}}{v_1}$$

Dónde:

v_1 : Volumen específico del refrigerante a la entrada del compresor.

b. Compresor:

b.1. Caudal másico de fluido refrigerante que debe desplazar el compresor para suministrar la potencia frigorífica

Este caudal se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 21: } \dot{m} = \frac{Q_f}{q_{f,ev}}$$

Dónde:

\dot{m} : Flujo másico de refrigerante.

Q_f : Potencia frigorífica.

b.2. Caudal volumétrico real que debe desplazar el compresor para producir la potencia frigorífica

Para determinar este caudal se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 22: } \dot{V}_R = \dot{m} * v_1$$

b.3. Potencia teórica isentrópica absorbida por el compresor

Para determinar la potencia teórica necesaria para impulsar al compresor se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 23: } P_t = \dot{m} * (h_2 - h_1)$$

Dónde:

h_1 : Entalpía del refrigerante a la entrada del compresor.

h_2 : Entalpía del refrigerante a la salida del compresor.

La potencia teórica calculada a partir de la ecuación 23 representa la potencia necesaria para comprimir al vapor refrigerante en un sistema de 100% de eficiencia.

b.4. Potencia real absorbida por el compresor para producir la potencia frigorífica

La potencia real es mayor que la potencia teórica debido a los roces mecánicos, roces al seno del fluido, caídas de presión en las válvulas. La potencia real depende de la eficiencia del

compresor. Para determinar esta potencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 24: } P_R = \frac{P_t}{\eta_i * \eta_m}$$

Dónde:

η_i : Rendimiento o Eficiencia indicado del compresor.

η_m : Rendimiento mecánico del compresor.

$\eta_g = \eta_i * \eta_m$: Rendimiento Global del Compresor.

En la práctica se considera que $\eta_i \approx \eta_v$ y que $\eta_m = 0,8$ a $0,9$

η_v : Rendimiento volumétrico del compresor.

c. Condensador:

c.1. Potencia calorífica evacuada por el condensador

Para determinar esta potencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 25: } Q_{Cond.} = \dot{m} * (h_2 - h_3)$$

Dónde:

h_2 : Entalpía del refrigerante a la entrada del condensador.

h_3 : Entalpía del refrigerante a la salida del condensador.

Se debe tener presente que $Q_{Cond.} > Q_f$

d. Válvula de Expansión:

d.1. Caudal volumétrico de refrigerante entrando a la válvula de expansión

Para determinar este caudal se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 26: } \dot{V}_4 = \dot{m} * v_4$$

Dónde:

v_4 : Volumen específico del refrigerante a la entrada de la válvula de expansión.

e. Potencia frigorífica específica o Coeficiente de performance (COP) de la máquina frigorífica

Este coeficiente es adimensional, y expresa la eficiencia de un sistema de refrigeración. Se lo determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 27: } K_f = COP = \frac{Q_f}{P_R}$$

A. Cálculo de las características principales de la máquina frigorífica de la Cámara de Paletizado

a. Evaporador

a.1. Efecto refrigerante

Datos:

$$h_6 = 402 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_5 = 250 \text{ KJ/Kg}$$

Mediante la ecuación 19 se tiene:

$$q_{f,ev} = 402 - 250 = 152 \text{ KJ/Kg} = 36,33 \text{ Kcal/Kg}$$

a.2. Producción frigorífica volumétrica

Datos:

$$q_{f,ev} = 36,33 \text{ Kcal/Kg}$$

$$v_1 = 0,060 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 20 se tiene:

$$q_{f,vol} = \frac{36,33}{0,060} = 605,5 \text{ Kcal/m}^3$$

b. Compresor

b.1. Caudal másico de fluido refrigerante que desplaza el compresor

Datos:

$$Q_f = 8.152,72 \text{ Kcal/hr}$$

$$q_{f,ev} = 36,33 \text{ Kcal/Kg}$$

Mediante la ecuación 21 se tiene:

$$\dot{m} = \frac{8.152,72}{36,33} = 224,41 \text{ Kg/hr}$$

b.2. Caudal volumétrico real que desplaza el compresor

Datos:

$$\dot{m} = 224,41 \text{ Kg/hr}$$

$$v_1 = 0,060 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 22 se tiene:

$$\dot{V}_R = 224,41 * 0,060 = 13,5 \text{ m}^3/\text{hr}$$

b.3. Potencia teórica isentrópica absorbida por el compresor

Datos:

$$h_1 = 408 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 427 \text{ KJ/Kg}$$

$$\dot{m} = 224,41 \text{ Kg/hr}$$

Mediante la ecuación 23 se tiene:

$$P_t = 224,41 * (427 - 408) = 4.263,8 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}} = 1,2 \text{ KW}$$

b.4. Potencia real absorbida por el compresor

Datos:

$$P_t = 1,2 \text{ KW}$$

$$\eta_m = 0,9$$

Por medio del gráfico “Curva de Rendimiento Volumétrico vs Relación de Compresión” del Apéndice E, se halla el valor de dicho rendimiento. De acuerdo a esta curva para una relación de compresión de 2,9 le corresponde un rendimiento volumétrico de 0,81.

Por lo tanto el rendimiento global del compresor es:

$$\eta_g = 0,81 * 0,9 = 0,73$$

Mediante la ecuación 24 se tiene:

$$P_R = \frac{1,2}{0,73} = 1,64 \text{ KW}$$

c. Condensador:

c.1. Potencia calorífica evacuada por el condensador

Datos:

$$h_2 = 427 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 = 258 \text{ KJ/Kg}$$

$$\dot{m} = 224,41 \text{ Kg/hr}$$

Mediante la ecuación 25 se tiene:

$$Q_{\text{Cond.}} = 224,41 * (427 - 258) = 37.925,3 \text{ KJ/hr} = 9.064,4 \text{ Kcal/hr}$$

d. Válvula de expansión:

d.1. Caudal volumétrico de refrigerante entrando a la válvula de expansión

Datos:

$$\dot{m} = 224,41 \text{ Kg/hr}$$

$$v_4 = 0,00086 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 26 se tiene:

$$\dot{V}_4 = 224,41 * 0,00086 = 0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

e. Coeficiente de Performance (COP) de la máquina frigorífica

Datos:

$$Q_f = 9,47 \text{ KW}$$

$$P_R = 1,64 \text{ KW}$$

Mediante la ecuación 27 se tiene:

$$K_f = COP = \frac{9,47}{1,64} = 5,8$$

B. Cálculo de las características principales de la máquina frigorífica de la Cámara de Pre-enfriamiento

a. Evaporador

a.1. Efecto refrigerante

Datos:

$$h_6 = 398 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_5 = 250 \text{ KJ/Kg}$$

Mediante la ecuación 19 se tiene:

$$q_{f,ev} = 398 - 250 = 148 \text{ KJ/Kg} = 35,37 \text{ Kcal/Kg}$$

a.2. Producción frigorífica volumétrica

Datos:

$$q_{f,ev} = 35,37 \text{ Kcal/Kg}$$

$$v_1 = 0,076 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 20 se tiene:

$$q_{f,vol} = \frac{35,37}{0,076} = 465,4 \text{ Kcal/m}^3$$

b. Compresor

b.1. Caudal másico de fluido refrigerante que desplaza el compresor

Datos:

$$Q_f = 8.875,8 \text{ Kcal/hr}$$

$$q_{f,ev} = 35,37 \text{ Kcal/Kg}$$

Mediante la ecuación 21 se tiene:

$$\dot{m} = \frac{8.875,8}{35,37} = 250,9 \text{ Kg/hr}$$

b.2. Caudal volumétrico real que desplaza el compresor

Datos:

$$\dot{m} = 250,9 \text{ Kg/hr}$$

$$v_1 = 0,076 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 22 se tiene:

$$\dot{V}_R = 250,9 * 0,076 = 19,1 \text{ m}^3/\text{hr}$$

b.3. Potencia teórica isentrópica absorbida por el compresor

Datos:

$$h_1 = 404 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 431 \text{ KJ/Kg}$$

$$\dot{m} = 250,9 \text{ Kg/hr}$$

Mediante la ecuación 23 se tiene:

$$P_t = 250,9 * (431 - 404) = 6.774,3 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}} = 1,9 \text{ KW}$$

b.4. Potencia real absorbida por el compresor

Datos:

$$P_t = 1,9 \text{ KW}$$

$$\eta_m = 0,9$$

Por medio del gráfico del Apéndice E para una relación de compresión de 3,6 le corresponde un rendimiento volumétrico de 0,78. Por lo tanto el rendimiento global del compresor es:

$$\eta_g = 0,78 * 0,9 = 0,70$$

Mediante la ecuación 24 se tiene:

$$P_R = \frac{1,9}{0,70} = 2,7 \text{ KW}$$

c. Condensador

c.1. Potencia calorífica evacuada por el condensador

Datos:

$$h_2 = 431 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 = 258 \text{ KJ/Kg}$$

$$\dot{m} = 250,9 \text{ Kg/hr}$$

Mediante la ecuación 25 se tiene:

$$\begin{aligned} Q_{\text{condr.}} &= 250,9 * (431 - 258) = 43.405,7 \text{ KJ/hr} \\ &= 10.374,21 \text{ Kcal/hr} \end{aligned}$$

d. Válvula de expansión

d.1. Caudal volumétrico de refrigerante entrando a la válvula de expansión

Datos:

$$\dot{m} = 250,9 \text{ Kg/hr}$$

$$v_4 = 0,00086 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 26 se tiene:

$$\dot{V}_4 = 250,9 * 0,00086 = 0,22 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

e. Coeficiente de Performance (COP) de la máquina frigorífica

Datos:

$$Q_f = 10,32 \text{ KW}$$

$$P_R = 2,7 \text{ KW}$$

Mediante la ecuación 27 se tiene:

$$K_f = COP = \frac{10,32}{2,7} = 3,82$$

C. Cálculo de las características principales de las máquinas frigoríficas de las Cámaras de Conservación

a. Evaporador

a.1. Efecto refrigerante

Para ambas cámaras se tiene:

Datos:

$$h_6 = 400 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_5 = 250 \text{ KJ/Kg}$$

Mediante la ecuación 19 se tiene:

$$q_{f,ev} = 400 - 250 = 150 \text{ KJ/Kg} = 35,85 \text{ Kcal/Kg}$$

a.2. Producción frigorífica volumétrica

Para ambas cámaras se tiene:

Datos:

$$q_{f,ev} = 35,85 \text{ Kcal/Kg}$$

$$v_1 = 0,067 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 20 se tiene:

$$q_{f,vol} = \frac{35,85}{0,067} = 535,1 \text{ Kcal/m}^3$$

b. Compresor:

b.1. Caudal másico de fluido refrigerante que desplaza el compresor

Datos:

$$Q_f = 3.235,15 \text{ Kcal/hr (Cámara de Conservación A)}$$

$$Q_f = 3.512,85 \text{ Kcal/hr (Cámara de Conservación B)}$$

$$q_{f,ev} = 35,85 \text{ Kcal/Kg}$$

Mediante la ecuación 21 se tiene:

Para la Cámara de Conservación A:

$$\dot{m} = \frac{3.235,15}{35,85} = 90,24 \text{ Kg/hr}$$

Para la Cámara de Conservación B:

$$\dot{m} = \frac{3.512,85}{35,85} = 97,98 \text{ Kg/hr}$$

b.2. Caudal volumétrico real que desplaza el compresor

Datos:

$$\dot{m} = 90,24 \text{ Kg/hr (Cámara de Conservación A)}$$

$$\dot{m} = 97,98 \text{ Kg/hr (Cámara de Conservación B)}$$

$$v_1 = 0,067 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 22 se tiene:

Para la Cámara de Conservación A:

$$\dot{V}_R = 90,24 * 0,067 = 6,05 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Para la Cámara de Conservación B:

$$\dot{V}_R = 97,98 * 0,067 = 6,56 \text{ m}^3/\text{hr}$$

b.3. Potencia teórica isentrópica absorbida por el compresor

Datos:

$$h_1 = 406 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 429 \text{ KJ/Kg}$$

$$\dot{m} = 90,24 \text{ Kg/hr (Cámara de Conservación A)}$$

$$\dot{m} = 97,98 \text{ Kg/hr (Cámara de Conservación B)}$$

Mediante la ecuación 23 se tiene:

Para la Cámara de Conservación A:

$$P_t = 90,24 * (429 - 406) = 2.075,52 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}} = 0,58 \text{ KW}$$

Para la Cámara de Conservación B:

$$P_t = 97,98 * (429 - 406) = 2.253,54 \frac{\text{KJ}}{\text{hr}} = 0,63 \text{ KW}$$

b.4. Potencia real absorbida por el compresor

Datos:

$$P_t = 0,58 \text{ KW (Cámara de Conservación A)}$$

$$P_t = 0,63 \text{ KW (Cámara de Conservación B)}$$

$$\eta_m = 0,9$$

Por medio del gráfico del Apéndice E para una relación de compresión de 3,2 le corresponde un rendimiento volumétrico

de 0,8. Por lo tanto el rendimiento global del compresor para ambas cámaras es:

$$\eta_g = 0,8 * 0,9 = 0,72$$

Mediante la ecuación 24 se tiene:

Para la cámara de conservación A:

$$P_R = \frac{0,58}{0,72} = 0,81 \text{ KW}$$

Para la cámara de conservación B:

$$P_R = \frac{0,63}{0,72} = 0,87 \text{ KW}$$

c. Condensador

c.1. Potencia calorífica evacuada por el condensador

Datos:

$$h_2 = 429 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 = 258 \text{ KJ/Kg}$$

$$\dot{m} = 90,24 \text{ Kg/hr (Cámara de Conservación A)}$$

$$\dot{m} = 97,98 \text{ Kg/hr (Cámara de Conservación B)}$$

Mediante la ecuación 25 se tiene:

Para la cámara de conservación A:

$$\begin{aligned} Q_{Cond.} &= 90,24 * (429 - 258) = 15.431,04 \text{ KJ/hr} \\ &= 3.688,11 \text{ Kcal/hr} \end{aligned}$$

Para la cámara de conservación B:

$$\begin{aligned} Q_{Cond.} &= 97,98 * (429 - 258) = 16.754,6 \text{ KJ/hr} \\ &= 4.004,45 \text{ Kcal/hr} \end{aligned}$$

d. Válvula de expansión:

d.1. Caudal volumétrico de refrigerante entrando a la válvula de expansión

Datos:

$$\dot{m} = 90,24 \text{ Kg/hr (Cámara de Conservación A)}$$

$$\dot{m} = 97,98 \text{ Kg/hr (Cámara de Conservación B)}$$

$$v_4 = 0,00086 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Mediante la ecuación 26 se tiene:

Para la cámara de conservación A:

$$\dot{V}_4 = 90,24 * 0,00086 = 0,078 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Para la cámara de conservación B:

$$\dot{V}_4 = 97,98 * 0,00086 = 0,084 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

e. Coeficiente de Performance (COP) de la máquina frigorífica

Datos:

$$P_R = 0,81 \text{ KW}; Q_f = 3,76 \text{ KW (Cámara de Conservación A)}$$

$$P_R = 0,87 \text{ KW}; Q_f = 4,1 \text{ KW (Cámara de Conservación B)}$$

Mediante la ecuación 27 se tiene:

Para la cámara de conservación A:

$$K_f = COP = \frac{3,76}{0,81} = 4,64$$

Para la cámara de conservación B:

$$K_f = COP = \frac{4,1}{0,87} = 4,71$$

CAPITULO 7

7. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

7.1. Compresores

El compresor para refrigeración es la máquina que mueve el fluido refrigerante a través del sistema, aspirándolo a baja presión y baja temperatura, para luego comprimirlo elevando su presión y por consiguiente su temperatura.

Cabe indicar que todo compresor está diseñado para comprimir fluidos únicamente en estado de vapor.

Las funciones principales que realiza dentro del ciclo de refrigeración son:

- Recibir o remover el vapor refrigerante desde el evaporador, de tal manera que la presión y la temperatura deseada se puedan mantener.

- Incrementar la presión del vapor refrigerante a través del proceso de compresión y simultáneamente incrementar la temperatura del vapor, de tal manera que pueda ceder su calor al medio refrigerante del condensador.

7.1.1. Clasificación de los compresores

Los compresores usados en refrigeración industrial pertenecen a los siguientes grupos:

- Compresores volumétricos:
 - A pistón alternativo (También llamado Reciprocante).
 - Rotativos.
- Compresores no volumétricos:
 - Centrífugos (También llamados Radiales).
 - Axiales.

El más utilizado de los mencionados precedentemente es el compresor de pistón alternativo.

Los compresores no volumétricos tienen mayor capacidad volumétrica, tamaño por tamaño, que los compresores volumétricos, debido a que los flujos son continuos en los compresores no volumétricos.

Compresor de pistón alternativo

Los principales componentes de este tipo de compresor son:

- El cuerpo o bloque del compresor.
- El cárter.
- Cabezote o culata.
- Piezas móviles (pistones, rines, pasadores, bielas, eje cigüeñal y cojinetes del eje).
- Válvulas de servicio.
- Válvulas de aspiración y compresión.
- Prensaestopas del eje.

Los compresores alternativos varían de tamaño, desde los que tienen un solo cilindro y su correspondiente pistón hasta uno lo suficientemente grande para tener 16 cilindros y pistones.

El cuerpo del compresor puede construirse de una o dos partes de hierro fundido, acero fundido o en algunos casos aluminio. La disposición de los cilindros puede ser horizontal, radial o vertical, y pueden estar dispuestos en línea recta, en V o W.

Comparación entre los compresores de pistón alternativo y centrífugos

Las ventajas del compresor centrífugo son que está casi exento de vibraciones, es silencioso para su tamaño, requiere poca potencia para el arranque, necesita escaso servicio y mantenimiento, y ocupa

poco espacio. Los compresores de pistón alternativo trabajan con mayor intervalo de presiones, y tienen mayor rendimiento en los tamaños pequeños. Prácticamente todos los compresores con una capacidad de refrigeración menor de 50 toneladas son de pistón alternativo. Los compresores de pistón alternativo y centrífugos compiten en los tamaños comprendidos entre 50 y 200 TR. Los compresores centrífugos tienen prácticamente aplicación exclusiva para capacidades mayores de 200 TR.

7.1.2. Cálculo y selección del compresor

Para seleccionar el compresor de una cámara frigorífica se lo hace en base a los siguientes criterios prácticos:

- Para caudales menores a 1.500 m³/hr es recomendable utilizar compresores de pistón alternativo.
- Para caudales superiores a 1.000 m³/hr es recomendable usar turbocompresores centrífugos.
- A caudales intermedios entre los dos grupos anteriores se aconseja usar compresores a tornillo (rotativo).
- A caudales extremadamente grandes se deben usar compresores axiales, aunque estos son muy raramente empleados.

a. Cálculo y selección del compresor de la Cámara de Paletizado

En el capítulo 6 se determinó que el caudal volumétrico real que debe desplazar el compresor para producir la potencia frigorífica en la cámara de paletizado es de $13,5 \text{ m}^3/\text{hr}$. Debido a que este valor es inferior a $1.500 \text{ m}^3/\text{hr}$ se va a utilizar un compresor de pistón alternativo.

Determinación de los datos técnicos del compresor alternativo de la Cámara de Paletizado

El modelo y los datos técnicos del compresor se van a determinar utilizando el software de selección de compresores frigoríficos de la empresa Bitzer. La información requerida para ingresar en el software Bitzer, la cual ya fue determinada anteriormente para esta cámara es:

- Refrigerante: R-134a
- Potencia frigorífica: 9,5 KW
- Temperatura de evaporación: 5°C
- Temperatura de condensación: 40°C
- Temperatura del líquido (después del condensador): $T_{\text{Cond.}} - \text{Subenfriamiento} = 40 - 5 = 35^\circ\text{C}$
- Temperatura de gas aspirado: $T_{\text{Evap.}} + \text{Recalentamiento} = 5 + 5 = 10^\circ\text{C}$

Los resultados que entrega el software Bitzer son:

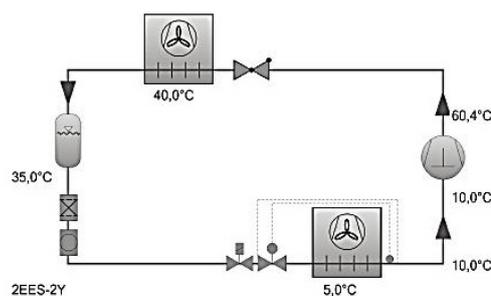
Selección del compresor:

	1
BITZER Software v6.4.1 rev1210	07/08/2014 / Todos los datos son susceptibles de cambio
	4 / 7

Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Potencia frigorífica	9,50 kW
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	5,00 °C
Temp. de condensación	40,0 °C
Temp. del líquido (después condensador)	35,0 °C
Temperatura de gas aspirado	10,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	460V-3-60Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



Resultado

Compressor	2EES-2Y-40S	2DES-2Y-40S
Escalones de capacidad	100%	100%
Potencia frigorífica	8,83 kW	10,52 kW
Potencia frigorífica *	8,50 kW	10,13 kW
Potencia en el evap.	8,83 kW	10,52 kW
Potencia absorbida	2,06 kW	2,48 kW
Corriente (460V)	3,43 A	4,02 A
Gama de tensiones	440-480V	440-480V
Capacidad del condensador	10,89 kW	13,00 kW
COP/EER	4,30	4,24
COP/EER *	4,13	4,08
Caudal másico	203 kg/h	242 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	60,4 °C	60,8 °C

Temperatura del gas de descarga como mínimo 20K (36°F) por encima de la temperatura de condensación.
*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

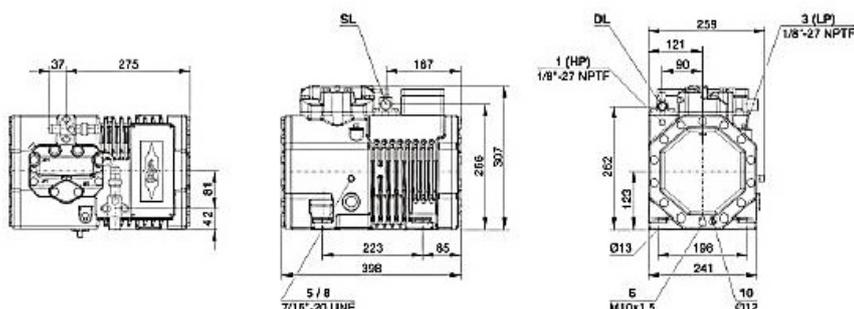
De acuerdo a los valores de caudal másico, caudal volumétrico real y potencia real absorbida que se calcularon anteriormente para el compresor de la cámara de paletizado en el capítulo 6 ($\dot{m} = 224,41 \text{ Kg/hr}$; $\dot{V}_R = 13,5 \text{ m}^3/\text{hr}$; $P_R = 1,64 \text{ KW}$) se selecciona de los resultados que entrega el software Bitzer el modelo de compresor 2DES-2Y-40S ($\dot{m} = 242 \text{ Kg/hr}$; $\dot{V}_R = 16,20 \text{ m}^3/\text{hr}$; $P_R = 2,48 \text{ KW}$), cuya potencia nominal es de 2 HP.

Datos técnicos del compresor seleccionado:

	1
BITZER Software v6.4.1 rev1210	07/08/2014 / Todos los datos son susceptibles de cambio
	5 / 7

Datos técnicos: 2DES-2Y

Dimensiones y conexiones



Datos técnicos

Informaciones técnicas	
Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	13,42 m ³ /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	16,20 m ³ /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	2 x 50 mm x 39,3 mm
Peso	67,5 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32bar
Conexión línea aspiración	22 mm - 7/8"
Conexión línea descarga	16 mm - 5/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a to >70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2 (Option)
Informaciones motor	
Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	440-480V -60Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	7.5 A
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	30.7 A
Potencia máx. absorbida	4,8 kW
Estándar de entrega	
Protección motor	SE-B1
Clase de protección	IP65
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	1,50 dm ³
Opciones disponibles	
Ventilador adicional	Option
Calefactor de Cáster	0..120 W PTC (Option)
Nivel sonoro medido	
Potencia sonora (-10°C / 45°C)	66,5 dB(A) @ 50Hz
Potencia sonora (-35°C / 40°C)	69,0 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	58,5 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-35°C / 40°C)	61,0 dB(A) @ 50Hz

b. Cálculo y selección del compresor de la Cámara de Pre-enfriamiento

En el capítulo 6 se determinó que el caudal volumétrico real que debe desplazar el compresor para producir la potencia frigorífica en la cámara de pre-enfriamiento es de $19,1 \text{ m}^3/\text{hr}$. Debido a que este valor es inferior a $1.500 \text{ m}^3/\text{hr}$ se va a utilizar un compresor de pistón alternativo.

Determinación de los datos técnicos del compresor alternativo de la Cámara de Pre-enfriamiento

La información requerida para ingresar en el software Bitzer referente a esta cámara es:

- Refrigerante: R-134a
- Potencia frigorífica: 10,32 KW
- Temperatura de evaporación: -1°C
- Temperatura de condensación: 40°C
- Temperatura del líquido (después del condensador): $T_{\text{Cond.}} - \text{Subenfriamiento} = 40 - 5 = 35^\circ\text{C}$
- Temperatura de gas aspirado: $T_{\text{Evap.}} + \text{Recalentamiento} = -1 + 5 = 4^\circ\text{C}$

Los resultados que entrega el software Bitzer son:

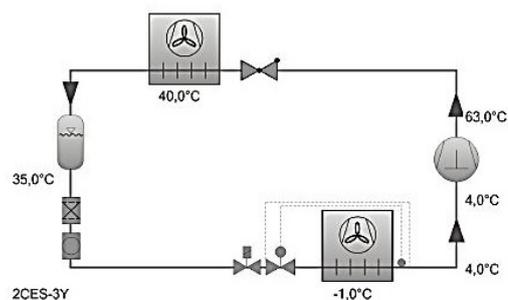
Selección del compresor:

	2
BITZER Software v6.4.1 rev1210	07/08/2014 / Todos los datos son susceptibles de cambio
	4 / 7

Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Potencia frigorífica	10,32 kW
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-1,00 °C
Temp. de condensación	40,0 °C
Temp. del líquido (después condensador)	35,0 °C
Temperatura de gas aspirado	4,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	460V-3-60Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



Resultado

Compresor	2CES-3Y-40S	4FES-3Y-40S
Escalones de capacidad	100%	100%
Potencia frigorífica	9,97 kW	10,57 kW
Potencia frigorífica *	9,68 kW	10,25 kW
Potencia en el evap.	9,97 kW	10,57 kW
Potencia absorbida	2,80 kW	2,94 kW
Corriente (460V)	4,87 A	5,20 A
Gama de tensiones	440-480V	440-480V
Capacidad del condensador	12,78 kW	13,51 kW
COP/EER	3,56	3,59
COP/EER *	3,45	3,48
Caudal másico	235 kg/h	249 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	63,0 °C	62,6 °C

*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

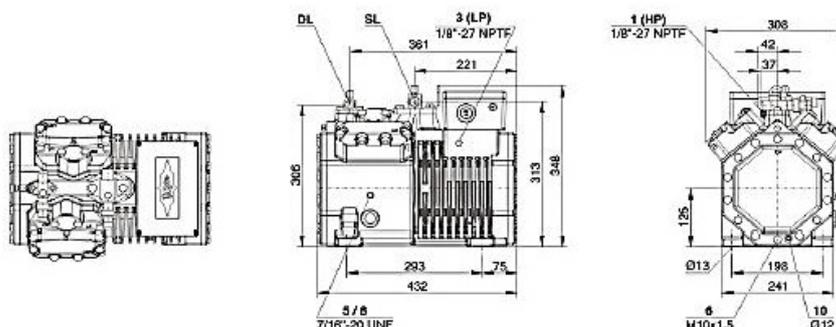
De acuerdo a los valores de caudal másico, caudal volumétrico real y potencia real absorbida que se calcularon anteriormente para el compresor de la cámara de pre-enfriamiento en el capítulo 6 ($\dot{m} = 250,9 \text{ Kg/hr}$; $\dot{V}_R = 19,1 \text{ m}^3/\text{hr}$; $P_R = 2,7 \text{ KW}$) se selecciona de los resultados que entrega el software Bitzer el modelo de compresor 4FES-3Y-40S ($\dot{m} = 249 \text{ Kg/hr}$; $\dot{V}_R = 21,78 \text{ m}^3/\text{hr}$; $P_R = 2,94 \text{ KW}$), cuya potencia nominal es de 3 HP.

Datos técnicos del compresor seleccionado:

	2
BITZER Software v6.4.1 rev1210	07/08/2014 / Todos los datos son susceptibles de cambio
	6 / 7

Datos técnicos: 4FES-3Y

Dimensiones y conexiones



Datos técnicos

Informaciones técnicas

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	18,05 m ³ /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	21,78 m ³ /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	4 x 41 mm x 39,3 mm
Peso	82 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32bar
Conexión línea aspiración	22 mm - 7/8"
Conexión línea descarga	16 mm - 5/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a t _c >70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2 (Option)

Informaciones motor

Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	440-480V -60Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	9.5 A
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	44.2 A
Potencia máx. absorbida	6,4 kW

Estándar de entrega

Protección motor	SE-B1
Clase de protección	IP65
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	2,00 dm ³

Opciones disponibles

Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Regulación de capacidad	100-50% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option
Calefactor de Cáster	0..120 W PTC (Option)
Control de nivel de aceite	OLC-K1 (Option)

Nivel sonoro medido

Potencia sonora (-10°C / 45°C)	68,6 dB(A) @ 50Hz
Potencia sonora (-35°C / 40°C)	70,5 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	60,6 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-35°C / 40°C)	62,5 dB(A) @ 50Hz

c. Cálculo y selección de los compresores para las Cámaras de Conservación

En el capítulo 6 se determinó que el caudal volumétrico real que debe desplazar el compresor de la cámara de conservación A es de $6,05 \text{ m}^3/\text{hr}$, y el de la cámara de conservación B es de $6,56 \text{ m}^3/\text{hr}$. Debido a que estos valores son inferiores a $1.500 \text{ m}^3/\text{hr}$ se va a utilizar un compresor de pistón alternativo en cada cámara.

Determinación de los datos técnicos de los compresores alternativos de las Cámaras de Conservación

La información requerida para ingresar en el software Bitzer referente a estas cámaras es:

- Refrigerante: R-134a
- Potencia frigorífica: 3,76 KW (Cámara de Conservación A)
- Potencia frigorífica: 4,1 KW (Cámara de Conservación B)
- Temperatura de evaporación: 2°C
- Temperatura de condensación: 40°C
- Temperatura del líquido (después del condensador): $T_{\text{Cond.}} - \text{Subenfriamiento} = 40 - 5 = 35^\circ\text{C}$
- Temperatura de gas aspirado: $T_{\text{Evap.}} + \text{Recalentamiento} = 2 + 5 = 7^\circ\text{C}$

Los resultados que entrega el software Bitzer son:

Para la cámara de conservación A se tiene:

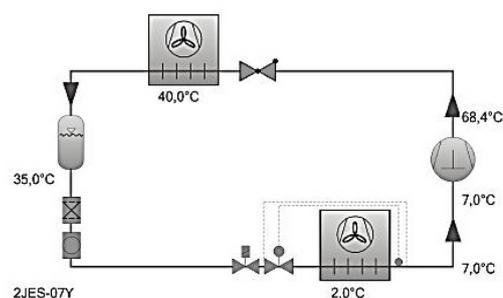
Selección del compresor:

	3
BITZER Software v6.4.1 rev1210	07/08/2014 / Todos los datos son susceptibles de cambio
	4 / 7

Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Potencia frigorífica	3,76 kW
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	2,00 °C
Temp. de condensación	40,0 °C
Temp. del líquido (después condensador)	35,0 °C
Temperatura de gas aspirado	7,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	460V-3-60Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



Resultado

Compresor	2JES-07Y-40S	2HES-1Y-40S
Escalones de capacidad	100%	100%
Potencia frigorífica	3,15 kW	4,22 kW
Potencia frigorífica *	3,05 kW	4,08 kW
Potencia en el evap.	3,15 kW	4,22 kW
Potencia absorbida	0,96 kW	1,16 kW
Corriente (460V)	2,08 A	2,29 A
Gama de tensiones	440-480V	440-480V
Capacidad del condensador	4,11 kW	5,38 kW
COP/EER	3,30	3,64
COP/EER *	3,19	3,52
Caudal másico	73,4 kg/h	98,2 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	68,4 °C	64,3 °C

Temperatura del gas de descarga como mínimo 20K (36°F) por encima de la temperatura de condensación.
 *según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

Para la cámara de conservación B se tiene:

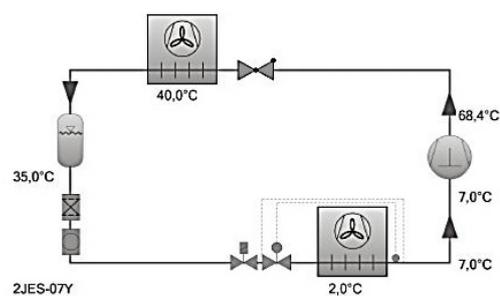
Selección del compresor:

	4
BITZER Software v6.4.1 rev1210	07/08/2014 / Todos los datos son susceptibles de cambio
	4 / 7

Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Potencia frigorífica	4,10 kW
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R134a
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	2,00 °C
Temp. de condensación	40,0 °C
Temp. del líquido (después condensador)	35,0 °C
Temperatura de gas aspirado	7,00 °C
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	460V-3-60Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



Resultado

Compresor	2JES-07Y-40S	2HES-1Y-40S
Escalones de capacidad	100%	100%
Potencia frigorífica	3,15 kW	4,22 kW
Potencia frigorífica *	3,05 kW	4,08 kW
Potencia en el evap.	3,15 kW	4,22 kW
Potencia absorbida	0,96 kW	1,16 kW
Corriente (460V)	2,08 A	2,29 A
Gama de tensiones	440-480V	440-480V
Capacidad del condensador	4,11 kW	5,38 kW
COP/EER	3,30	3,64
COP/EER *	3,19	3,52
Caudal másico	73,4 kg/h	98,2 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	68,4 °C	64,3 °C

Temperatura del gas de descarga como mínimo 20K (36°F) por encima de la temperatura de condensación.
*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

De acuerdo a los valores de caudal másico, caudal volumétrico real y potencia real absorbida que se calcularon anteriormente en el capítulo 6 para el compresor de la cámara de conservación A ($\dot{m} = 90,24 \text{ Kg/hr}$; $\dot{V}_R = 6,05 \text{ m}^3/\text{hr}$; $P_R = 0,81 \text{ KW}$), y para el de la cámara de conservación B ($\dot{m} = 97,98 \text{ Kg/hr}$; $\dot{V}_R = 6,56 \text{ m}^3/\text{hr}$; $P_R = 0,87 \text{ KW}$) se selecciona de los resultados que entrega el software

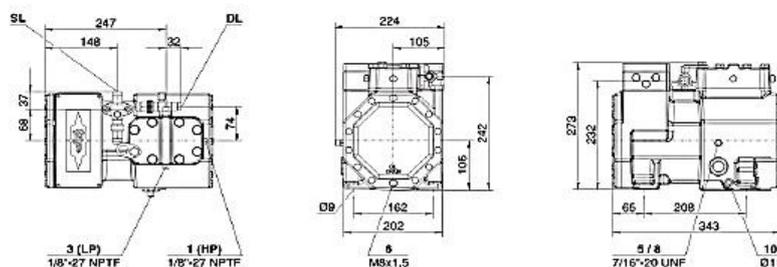
Bitzer el modelo de compresor para ambas cámaras 2HES-1Y-40S
 $(\dot{m} = 98,2 \text{ Kg/hr}; \dot{V}_R = 7,86 \text{ m}^3/\text{hr}; P_R = 1,16 \text{ KW})$, cuya potencia nominal es de 1 HP.

Datos técnicos del compresor seleccionado:

	3
BITZER Software v6.4.1 rev1210	07/08/2014 / Todos los datos son susceptibles de cambio
	5 / 7

Datos técnicos: 2HES-1Y

Dimensiones y conexiones



Datos técnicos

Informaciones técnicas	
Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	6,51 m ³ /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	7,86 m ³ /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	2 x 38 mm x 33 mm
Peso	44 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32bar
Conexión línea aspiración	16 mm - 5/8"
Conexión línea descarga	12 mm - 1/2"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2 (Option)
Informaciones motor	
Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	440-480V -60Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	3.8 A
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	16.7 A
Potencia máx. absorbida	2.4 kW
Estándar de entrega	
Protección motor	SE-B1
Clase de protección	IP65
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	1,00 dm ³
Opciones disponibles	
Ventilador adicional	Option
Calefactor de Cáster	0.60 W PTC (Option)
Nivel sonoro medido	
Potencia sonora (-10°C / 45°C)	64,5 dB(A) @ 50Hz
Potencia sonora (-35°C / 40°C)	62,5 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	56,5 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-35°C / 40°C)	54,5 dB(A) @ 50Hz

7.2. Condensadores

Un condensador es un intercambiador de calor en el cual el calor del vapor refrigerante caliente se disipa a un medio condensante que puede ser agua o aire, o una combinación de ambos. Como resultado de su pérdida de calor hacia el medio condensante, el vapor refrigerante es primero enfriado hasta saturación y después condensado hasta su fase de estado líquido.

Las funciones que cumple el condensador es desrecalentar el vapor refrigerante proveniente del compresor, para luego condensarlo, y por último subenfriarlo.

7.2.1. Clasificación de los condensadores

Los condensadores son de tres tipos generales:

- Condensadores enfriados por aire.
- Condensadores enfriados por agua.
- Condensadores evaporativos.

a. Condensadores enfriados con agua

Este tipo de condensadores emplean el agua como medio condensante y se utilizan en instalaciones frigoríficas comerciales de mayor potencia en comparación a los condensadores enfriados con aire. Los condensadores enfriados con agua

básicamente son de tres tipos: de doble tubo, de casco y serpentín, y acorazados.

b. Condensadores enfriados con aire

Este tipo de condensadores emplean el aire como medio condensante. La circulación de aire sobre estos condensadores puede ser por convección natural o forzada (por la acción de un ventilador o soplador).

Cuando la circulación del aire es por convección natural, la cantidad de aire que circula sobre el condensador es baja y relativamente se necesita una superficie condensante grande. Por la capacidad limitada de los condensadores de convección natural, éstos se usan sólo en unidades pequeñas, principalmente refrigeradores y congeladores domésticos.

Los condensadores que utilizan ventiladores para tener una circulación forzada del aire, se emplean en instalaciones frigoríficas comerciales y de aire acondicionado.

A causa de las severas restricciones del agua en los últimos años, y por las mejoras introducidas en los condensadores enfriados por aire, estos se utilizan también en sistemas de más de 100 toneladas de refrigeración (TR). Por otro lado, el condensador enfriado por aire no necesita agua, por lo tanto no

existen los peligros de formación de incrustaciones y corrosión en el condensador.

Los condensadores a circulación forzada del aire más comúnmente utilizados en refrigeración pueden ser: de una hilera de tubos, y de tres hileras de tubos en línea.

c. Condensadores evaporativos

Los condensadores evaporativos emplean tanto aire como agua. Aun cuando se tiene algún aumento en la temperatura del aire que está pasando a través del condensador, la condensación del refrigerante en el condensador se efectúa principalmente por la evaporación del agua rociada o atomizada sobre el condensador. La función del aire, es aumentar la razón de evaporación sacando el vapor de agua que resulta del proceso de evaporación.

7.2.2. Cálculo y selección del condensador

Cálculo de la capacidad del condensador

Como ya se determinó anteriormente se va a utilizar condensadores enfriados por aire de circulación forzada para todas las cámaras frigoríficas.

El condensador se lo va a seleccionar en base al catálogo de condensadores con ventilación forzada para unidades condensadoras de la empresa Luvata del Anexo 6. La ecuación dada en el catálogo para determinar la capacidad del condensador en las condiciones de referencia para su posterior selección es:

$$\text{Ecuación 28: } Q_{\text{Condr. STD}} = \frac{Q_f * F_c}{K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5}$$

Todas las tablas que se mencionan a continuación pertenecen al catálogo del Anexo 6.

Dónde:

$Q_{\text{Condr. STD}}$: Capacidad del condensador en las condiciones de trabajo de referencia.

Q_f : Potencia frigorífica (Capacidad del evaporador en las condiciones de trabajo).

F_c : Coeficiente que depende del tipo de compresor utilizado en función de las condiciones de trabajo (Tabla 1 o 2).

K_1 : Coeficiente relativo a ΔT (Tabla 3). ΔT : Diferencia de temperatura entre la temperatura de condensación y la temperatura del aire del medio ambiente.

K_2 : Coeficiente del refrigerante empleado (Tabla 4).

K_3 : Coeficiente de temperatura de entrada del aire (Tabla 5).

K_4 : Coeficiente de altitud de la instalación (Tabla 6).

K_5 : Coeficiente referente al material de las aletas (Tabla 7).

Cálculo de la superficie de transferencia de calor del condensador

La superficie de transferencia de calor del condensador se la determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 29: } S_{\text{Condr.}} = \frac{Q_{\text{Condr.}}}{K_{\text{Condr.}} * \Delta T_{\text{Cond.}}}$$

Dónde:

$S_{\text{Condr.}}$: Superficie de transferencia de calor del condensador.

$Q_{\text{Condr.}}$: Potencia Calorífica evacuada por el Condensador.

$K_{\text{Condr.}}$: Coeficiente global de transferencia de calor del condensador.

Para condensadores a circulación forzada de aire se tiene: $K_{\text{Condr.}} = 20$ a $25 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$.

$\Delta T_{\text{Cond.}}$: Diferencia de temperatura entre la temperatura de condensación del refrigerante y la temperatura promedio del aire.

En la práctica se adopta generalmente $\Delta T_{\text{Cond.}} = 10$ a 15°C para condensadores enfriados por aire.

Para lo que se refiere a las superficies de intercambio térmico de los condensadores del catálogo del Anexo 6, se diferencian en superficie interna (que se refiere al conjunto de los tubos) y superficie externa (partes tocadas por el aire).

a. Cálculo y selección del condensador de la Cámara de Paletizado

Cálculo de la capacidad del condensador

Datos:

$$Q_f = 9,5 \text{ KW}$$

Tipo de Compresor: Semi-hermético

Refrigerante: R-134a

Temperatura de Evaporación: 5°C

Temperatura de Condensación: 40°C

Temperatura del aire del medio ambiente: 25°C

$$\Delta T = 40 - 25 = 15^\circ\text{C} = 15 \text{ K}$$

Altitud de la instalación: Se va a tomar la altitud de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la cual es de 586 msnm, ya que la planta frigorífica va a estar ubicada en este lugar.

Material de las aletas del condensador: Aluminio

Con estos datos y en base a las tablas de selección del catálogo del Anexo 6 se obtienen los siguientes valores de los coeficientes:

$$F_c = 1,21$$

$$K_1 = 1,00$$

$$K_2 = 0,93$$

$$K_3 = 1,00$$

$$K_4 = 0,961 \text{ (Valor obtenido por interpolación)}$$

$$K_5 = 1,00$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 28 se obtiene la capacidad del condensador en las condiciones de trabajo de referencia, cuyo valor es:

$$Q_{\text{Condr. STD}} = \frac{9,5 * 1,21}{1 * 0,93 * 1 * 0,961 * 1} = 12,86 \text{ KW}$$

Cálculo de la superficie de transferencia de calor del condensador

Datos:

$$Q_{\text{Condr.}} = 9.064,4 \text{ Kcal/hr}$$

$$K_{\text{Condr.}} = 25 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{Condr.}} = 15^\circ\text{C}$$

Mediante la ecuación 29 se tiene:

$$S_{\text{Condr.}} = \frac{9.064,4}{25 * 15} = 24,2 \text{ m}^2$$

Con los valores de la capacidad y superficie de transferencia del condensador se selecciona de la tabla de características técnicas del catálogo de condensadores del Anexo 6 un condensador modelo TCE 14-4 cuya capacidad es de 13,3 KW y con una superficie de intercambio térmico de 24,8 m².

b. Cálculo y selección del condensador de la Cámara de Pre-enfriamiento

Cálculo de la capacidad del condensador

Datos:

$$Q_f = 10,32 \text{ KW}$$

Tipo de Compresor: Semi-hermético

Refrigerante: R-134a

Temperatura de Evaporación: -1°C

Temperatura de Condensación: 40°C

Temperatura del aire del medio ambiente: 25°C

$$\Delta T = 40 - 25 = 15^\circ\text{C} = 15 \text{ K}$$

Altitud de la instalación: 586 msnm

Material de las aletas del condensador: Aluminio

De acuerdo a las tablas de selección del Anexo 6 se obtiene:

$$F_c = 1,258 \text{ (Valor obtenido por interpolación)}$$

$$K_1 = 1,00$$

$$K_2 = 0,93$$

$$K_3 = 1,00$$

$$K_4 = 0,961 \text{ (Valor obtenido por interpolación)}$$

$$K_5 = 1,00$$

Mediante la ecuación 28 se tiene:

$$Q_{\text{Cond. STD}} = \frac{10,32 * 1,258}{1 * 0,93 * 1 * 0,961 * 1} = 14,53 \text{ KW}$$

Cálculo de la superficie de transferencia de calor del condensador

Datos:

$$Q_{\text{Condr.}} = 10.374,21 \text{ Kcal/hr}$$

$$K_{\text{Condr.}} = 25 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{Cond.}} = 15^\circ\text{C}$$

Mediante la ecuación 29 se tiene:

$$S_{\text{Condr.}} = \frac{10.374,21}{25 * 15} = 27,7 \text{ m}^2$$

Con los valores de la capacidad y superficie de transferencia del condensador se selecciona del catálogo del Anexo 6 un condensador modelo TCE 15-4 cuya capacidad es de 15,1 KW y con una superficie de intercambio térmico de 33 m².

c. Cálculo y selección de los condensadores para las Cámaras de Conservación

Datos:

$$Q_f = 3,76 \text{ KW (Cámara de conservación A)}$$

$$Q_f = 4,1 \text{ KW (Cámara de conservación B)}$$

Tipo de Compresor: Semi-hermético

Refrigerante: R-134a

Temperatura de Evaporación: 2°C

Temperatura de Condensación: 40°C

Temperatura del aire del medio ambiente: 25°C

$$\Delta T = 40 - 25 = 15^\circ\text{C} = 15 \text{ K}$$

Altitud de la instalación: 586 msnm

Material de las aletas del condensador: Aluminio

De acuerdo a las tablas de selección del Anexo 6 se obtiene:

$F_c = 1,234$ (Valor obtenido por interpolación)

$K_1 = 1,00$

$K_2 = 0,93$

$K_3 = 1,00$

$K_4 = 0,961$ (Valor obtenido por interpolación)

$K_5 = 1,00$

Mediante la ecuación 28 se tiene:

Para la Cámara de conservación A:

$$Q_{Cond. STD} = \frac{3,76 * 1,234}{1 * 0,93 * 1 * 0,961 * 1} = 5,2 \text{ KW}$$

Para la Cámara de conservación B:

$$Q_{Cond. STD} = \frac{4,1 * 1,234}{1 * 0,93 * 1 * 0,961 * 1} = 5,6 \text{ KW}$$

Cálculo de la superficie de transferencia de calor del evaporador

Datos:

$Q_{Cond.} = 3.688,11 \text{ Kcal/hr}$ (Cámara de conservación A)

$Q_{Cond.} = 4.004,45 \text{ Kcal/hr}$ (Cámara de conservación B)

$K_{Cond.} = 25 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$

$$\Delta T_{\text{Cond.}} = 15^{\circ}\text{C}$$

Mediante la ecuación 29 se tiene:

Para la Cámara de conservación A:

$$S_{\text{Condr.}} = \frac{3.688,11}{25 * 15} = 9,8 \text{ m}^2$$

Para la Cámara de conservación B:

$$S_{\text{Condr.}} = \frac{4.004,45}{25 * 15} = 10,7 \text{ m}^2$$

Con los valores de las capacidades (5,2 KW y 5,6 KW) y superficies de transferencia de ambos condensadores (9,8 m² y 10,7 m²) se selecciona para cada cámara en base al catálogo del Anexo 6 un condensador modelo TCE 6-6 cuya capacidad es de 5,5 KW con una superficie de intercambio térmico de 14,6 m².

7.3. Evaporadores

Un evaporador de un sistema de refrigeración es un intercambiador de calor en el cual se vaporiza el refrigerante al absorber el calor proveniente del espacio o producto a enfriar.

7.3.1. Clasificación de los evaporadores

Los evaporadores pueden ser utilizados para enfriar líquido o aire.

a. Evaporadores enfriadores de líquido

Los evaporadores enfriadores de líquido (especialmente los de inmersión) son los más antiguos evaporadores usados en la industria frigorífica y se caracterizan por estar sumergidos enteramente en el líquido a refrigerar.

Los evaporadores enfriadores de líquido pueden ser: de inmersión, de doble tubo y contracorriente, a chorro, y multitubulares.

b. Evaporadores enfriadores de aire

Un factor importante que interviene en este tipo de evaporadores a diferencia de los evaporadores enfriadores de líquido, es la escarcha que se deposita sobre la superficie de los tubos, la cual tiende a oponerse al intercambio de calor entre el refrigerante y el aire ambiente a enfriar.

Los evaporadores enfriadores de aire pueden ser: de circulación natural, y de circulación forzada. A su vez estos dos tipos de evaporadores pueden ser de tubos lisos o aleteados.

Los evaporadores de circulación forzada de tubos con aletas son los más utilizados en las instalaciones frigoríficas.

b.1. Evaporadores de circulación forzada de tubos con aletas

Para lograr la circulación del aire estos evaporadores utilizan uno o más ventiladores de flujo axial (del tipo hélice). La

circulación del aire en el espacio refrigerado es esencial para la transferencia de calor del producto hacia el evaporador. Cuando es inadecuada la circulación de aire, se ve disminuida la capacidad del evaporador, el producto no es enfriado con suficiente rapidez, se fortalece el crecimiento de mohos y bacterias y se forman capas de lama sobre el producto. Por otra parte, una excesiva circulación de aire aumenta la rapidez de evaporación de la humedad en la superficie del producto lo cual provoca su rápida deshidratación.

Ventajas:

- Proveen una turbulencia eficaz del aire, con lo cual se asegura la homogeneidad de las condiciones de temperatura, humedad y composición química de la atmósfera.
- El desescarchado y la evacuación del agua de condensación no constituyen ningún problema delicado. Las características físicas del ambiente en la cámara no serán en general modificadas en el transcurso del desescarchado.
- La eficiencia térmica de este evaporador es mejor en razón de la velocidad del aire en contacto. En iguales condiciones de potencia frigorífica la superficie de

intercambio de calor es relativamente mínima comparada con aquella de un evaporador a circulación natural.

- La renovación de aire de la cámara es fácilmente realizable.
- Las aletas de los tubos de este evaporador sirven como superficies secundarias absorbedoras de calor, y tienen el efecto de aumentar el área superficial externa del evaporador, mejorándose por lo tanto la eficiencia para enfriar el aire.

7.3.2. Cálculo y selección del evaporador

Cálculo de la capacidad frigorífica del evaporador

Como ya se determinó anteriormente se va a utilizar evaporadores a tubos aleteados de circulación forzada para todas las cámaras frigoríficas.

El evaporador se lo va a seleccionar en base al catálogo de evaporadores con ventilación forzada de la empresa Luvata del Anexo 7. La ecuación dada en este catálogo para determinar la capacidad frigorífica del evaporador para su posterior selección es:

$$\text{Ecuación 30: } \text{Capacidad del Evaporador} = \frac{CT}{F_1 * F_2}$$

Dónde:

CT : Carga térmica.

F_1 : Coeficiente de corrección de la capacidad (Tabla 2 del Anexo 7).

F_2 : Coeficiente de corrección para los líquidos refrigerantes (Tabla 3 del Anexo 7).

ΔT : Diferencia de temperatura entre la temperatura de entrada del aire en el evaporador y la temperatura de evaporación del refrigerante.

Cálculo de la superficie de transferencia de calor del evaporador

La superficie de transferencia de calor del evaporador se la determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 31: } S_{\text{Evapd.}} = \frac{Q_f}{K_{\text{Evapd.}} * \Delta T_{\text{Evap.}}}$$

Dónde:

$S_{\text{Evapd.}}$: Superficie de transferencia de calor del evaporador.

$K_{\text{Evapd.}}$: Coeficiente global de transferencia de calor del evaporador.

Para evaporadores enfriadores de aire de circulación forzada y tubos aleteados se tiene: $K_{\text{Evapd.}} = 14$ a $20 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$.

$\Delta T_{\text{Evap.}}$: Diferencia de temperatura entre la temperatura del medio a enfriar y la temperatura de vaporización del refrigerante.

Para lo que se refiere a las superficies de intercambio térmico de los evaporadores del catálogo del Anexo 7, se diferencian en superficie

interna (que se refiere al conjunto de los tubos) y superficie externa (partes tocadas por el aire).

a. Cálculo y selección del evaporador de la Cámara de Paletizado

En la cámara de paletizado se va a utilizar un evaporador de doble flujo de aire especialmente diseñado para refrigeración de salas de trabajo a alta temperatura y baja velocidad del aire.

Cálculo de la capacidad frigorífica del evaporador

Datos:

$$CT = Q_f = 9.475,3 \text{ W}$$

Temperatura de entrada del aire en el evaporador: 13°C

Temperatura de Evaporación: 5°C

$$\Delta T = 13 - 5 = 8^\circ\text{C} = 8 \text{ K}$$

Refrigerante: R-134a

Con estos datos y en base a las tablas de selección del catálogo del Anexo 7 se obtienen los siguientes valores de los coeficientes: $F_1 = 1,174$ y $F_2 = 0,93$

Reemplazando estos valores en la ecuación 30 se obtiene la capacidad del evaporador, cuyo valor es:

$$\text{Capacidad del Evaporador} = \frac{9.475,3 \text{ W}}{1,174 * 0,93} = 8.678,4 \text{ W} = 8,7 \text{ KW}$$

Cálculo de la superficie de transferencia de calor del evaporador

Datos:

$$Q_f = 8.152,72 \text{ Kcal/hr}$$

$$K_{\text{Evapd.}} = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{Evap.}} = 8^\circ\text{C} \text{ (Valor obtenido de la Tabla 20)}$$

Mediante la ecuación 31 se tiene:

$$S_{\text{Evapd.}} = \frac{8.152,72}{20 * 8} = 50,95 \text{ m}^2$$

Con los valores de la capacidad y superficie de transferencia del evaporador, y tomando en cuenta que la longitud de la cámara es de 12,10 m, se selecciona de la tabla de características técnicas del catálogo de evaporadores de doble flujo del Anexo 7 un evaporador para cámaras de alta temperatura modelo DFE 34EH3 cuya capacidad frigorífica y flecha de aire en baja velocidad es de 9,72 KW y 2 x 8 m respectivamente, con una superficie de intercambio térmico de 57,2 m².

b. Cálculo y selección del evaporador de la Cámara de Pre-enfriamiento

Para esta cámara se va a utilizar un evaporador cúbico.

Cálculo de la capacidad frigorífica del evaporador

Datos:

$$CT = Q_f = 10.315,65 \text{ W}$$

Temperatura de entrada del aire en el evaporador: 7°C

Temperatura de Evaporación: -1°C

$$\Delta T = 7 - (-1) = 8^\circ\text{C} = 8 \text{ K}$$

Refrigerante: R-134a

De las tablas de selección del Anexo 7 se obtiene: $F_1 = 1,174$ y $F_2 = 0,925$ (valor obtenido por interpolación).

Mediante la ecuación 30 se tiene:

$$\text{Capacidad del Evaporador} = \frac{10.315,65}{1,174 * 0,925} = 9.499,2 \text{ W} = 9,5 \text{ KW}$$

Cálculo de la superficie de transferencia de calor del evaporador

Datos:

$$Q_f = 8.875,8 \text{ Kcal/hr}$$

$$K_{\text{Evapd.}} = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{Evap.}} = 8^\circ\text{C} \text{ (Valor obtenido de la Tabla 20)}$$

Mediante la ecuación 31 se tiene:

$$S_{\text{Evapd.}} = \frac{8.875,8}{20 * 8} = 55,5 \text{ m}^2$$

Con los valores de 9,5 KW, 55,5 m², y la longitud de la cámara de 12,10 m, se selecciona del catálogo del Anexo 7 un evaporador modelo CTE 233H3 cuya capacidad frigorífica es de 11,8 KW para

cámaras de alta temperatura, con una superficie de intercambio térmico de $63,1 \text{ m}^2$ y una flecha de aire de 18 m.

c. Cálculo y selección de los evaporadores de las Cámaras de Conservación

Para cada cámara se va a utilizar un evaporador cúbico.

Cálculo de la capacidad frigorífica del evaporador

Datos:

$$CT = Q_f = 3.759,96 \text{ W (Cámara de conservación A)}$$

$$CT = Q_f = 4.082,71 \text{ W (Cámara de conservación B)}$$

Temperatura de entrada del aire en el evaporador: 10°C

Temperatura de Evaporación: 2°C

$$\Delta T = 10 - 2 = 8^\circ\text{C} = 8 \text{ K}$$

Refrigerante: R-134a

De las tablas de selección del Anexo 7 se obtiene: $F_1 = 1,174$ y $F_2 = 0,93$

Mediante la ecuación 30 se tiene:

Para la Cámara de conservación A:

$$\text{Capacidad del Evaporador} = \frac{3.759,96}{1,174 * 0,93} = 3.443,7 \text{ W} = 3,44 \text{ KW}$$

Para la Cámara de conservación B:

$$\text{Capacidad del Evaporador} = \frac{4.082,71}{1,174 * 0,93} = 3.739,4 \text{ W} = 3,74 \text{ KW}$$

Cálculo de la superficie de transferencia de calor del evaporador

Datos:

$$Q_f = 3.235,15 \text{ Kcal/hr (Cámara de conservación A)}$$

$$Q_f = 3.512,85 \text{ Kcal/hr (Cámara de conservación B)}$$

$$K_{\text{Evapd.}} = 20 \text{ Kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{Evap.}} = 8^\circ\text{C (Valor obtenido de la Tabla 20)}$$

Mediante la ecuación 31 se tiene:

Para la Cámara de conservación A:

$$S_{\text{Evapd.}} = \frac{3.235,15}{20 * 8} = 20,2 \text{ m}^2$$

Para la Cámara de conservación B:

$$S_{\text{Evapd.}} = \frac{3.512,85}{20 * 8} = 21,9 \text{ m}^2$$

Con los valores de las capacidades (3,44 KW y 3,74 KW) y superficies de transferencia de ambos evaporadores (20,2 m² y 21,9 m²), y considerando que la longitud de las dos cámaras es de 12,10 m, se selecciona para cada cámara en base al catálogo del Anexo 7 un evaporador modelo CTE 80H3 cuya capacidad frigorífica es de 4,11 KW para cámaras de alta temperatura, con una superficie de intercambio térmico de 21,8 m² y una flecha de aire de 11 m.

Desescarchado

La escarcha se forma únicamente en los evaporadores enfriadores de aire cuando la temperatura en el interior de sus tubos es inferior a 0°C.

La escarcha es perjudicial para el funcionamiento del sistema de refrigeración por dos razones:

- Las gruesas capas de escarcha actúan como aisladores térmicos.
- La escarcha forma una barrera que reduce la circulación de aire a través del serpentín del evaporador de circulación forzada.

Ambas situaciones ocasionan una disminución de la eficiencia de intercambio térmico en el evaporador, por lo tanto, es necesario eliminar esta capa de escarcha, a fin de facilitar la producción de frío.

Existen numerosos procedimientos para eliminar la escarcha haciendo que esta se derrita y sea drenada hacia el exterior del local a refrigerarse.

Según la forma como se efectúa el desescarchado, los procedimientos se clasifican en externos e internos.

Procedimientos Externos:

- Desescarchado por puesta fuera de servicio del equipo.
- Desescarchado por puesta fuera de servicio el compresor y circulación de aire forzado por el evaporador.
- Desescarchado por aspersion y pulverización de agua.

- Desescarchado por calefacción eléctrica del aire que circula por el evaporador una vez parada la máquina.

Procedimientos Internos:

- Desescarchado por calefacción eléctrica del evaporador.
- Desescarchado por gases calientes.

Selección del tipo de desescarchado para los evaporadores de las cámaras

Solamente el evaporador de la cámara de pre-enfriamiento va a tener desescarche ya que la temperatura del refrigerante que va a circular dentro del mismo es de -1°C , con lo cual se produciría escarcha sobre la superficie de los tubos de intercambio térmico del evaporador debido a que el punto de congelación del agua es de 0°C . Para el caso de los evaporadores de las cámaras de conservación y paletizado no habría problemas de formación de escarcha ya que las temperaturas de evaporación del refrigerante dentro de estos evaporadores es de 2°C y 5°C respectivamente.

El tipo de desescarchado que se va a seleccionar para el evaporador de la cámara de pre-enfriamiento va a ser mediante calefacción eléctrica, ya que es un método mucho más rápido de eliminar la escarcha.

CAPITULO 8

8. SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICO Y ANEXOS

8.1. Dispositivos de control automático

El automatismo en las instalaciones frigoríficas tiene dos objetivos principales: regulación y seguridad.

La regulación es necesaria para:

- Mantener las condiciones de operación del sistema de refrigeración al nivel deseado.
- Por razones de economía de la energía usada para hacer funcionar los aparatos de la instalación frigorífica.

La seguridad en cambio es necesaria para:

- Evitar daños materiales en la instalación frigorífica.
- Evitar daños a las personas que laboran en la planta frigorífica.

Entre los principales dispositivos de control automático tenemos:

- Válvula de expansión termostática.
- Válvula Solenoide.
- Válvula de presión constante o Válvula Reguladora de Presión del Evaporador.
- Termostato.
- Presostato.

8.1.1. Válvula de expansión termostática

La válvula de expansión termostática es un dispositivo destinado a expandir isoentálpicamente el refrigerante realizando una laminación del mismo.

Este tipo de válvula es usada principalmente para:

- Regular el flujo de refrigerante a través del evaporador.
- Regular el recalentamiento del vapor refrigerante que sale del evaporador.

La válvula de expansión termostática es accionada a la vez por la presión de aspiración y por la temperatura de los gases que salen del evaporador.

El bulbo remoto de esta válvula se instala generalmente a la salida del evaporador sujetado firmemente a esta tubería y respondiendo a cambios de temperatura del vapor refrigerante en este punto.

Debido a su alta eficiencia y facilidad de adaptación en cualquier tipo de aplicación frigorífica, este tipo de válvula es la que más se usa en refrigeración.

Válvulas de expansión termostáticas ecualizadas interna y externamente

Características de las VET con equilibrador de presión interno o ecualizadas internamente:

- Utilizan la presión del refrigerante que sale de la válvula como la principal fuerza de cierre de la misma.
- La presión en la salida de la válvula es un indicador adecuado de la temperatura y la presión del evaporador.
- Se emplean en evaporadores pequeños de un solo circuito.

Características de las VET con equilibrador de presión externo o ecualizadas externamente:

- Utiliza presiones externas a la válvula, no la presión interna desarrollada en la salida de la válvula. La presión en la salida

del evaporador se convierte en la fuerza de cierre de la válvula.

- Se utilizan en evaporadores grandes y con múltiples circuitos, como los que se instalan en los compartimientos de las cámaras frigoríficas.

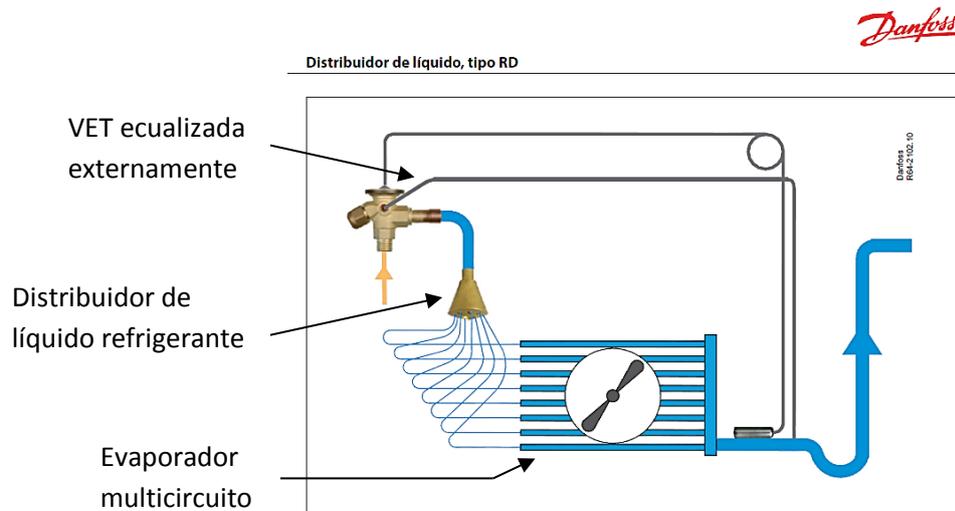
El evaporador de múltiples circuitos está formado por un grupo de serpentines simples unos encima de otros, los cuales van conectados a los tubos del distribuidor de líquido refrigerante, el cual lo distribuye desde la VET a las diferentes secciones (serpentines) del evaporador multicircuito. Este tipo de evaporadores se utilizan cuando el serpentín se hace demasiado grande para un solo circuito.

La mayoría de los evaporadores multicircuito presentan en sus distribuidores una caída de presión de 241 KPa (35 psi).

En los evaporadores que usan un distribuidor de líquido refrigerante se debe usar una VET ecualizada externamente debido a la pérdida de carga creada por el distribuidor.

En la siguiente figura se puede apreciar un evaporador multicircuito con su respectivo distribuidor de líquido refrigerante y la VET ecualizada externamente.

Figura 13: Evaporador multicircuito con su distribuidor de líquido y con la VET ecualizada externamente.



Fuente: Folleto técnico Danfoss.

Los evaporadores que se seleccionaron para todas las cámaras frigoríficas en el capítulo 7 cuentan con su propio distribuidor de líquido refrigerante, por lo cual se debe emplear para cada cámara una VET con equilibrador o igualador de presión externo.

Selección de la VET de la máquina frigorífica de cada cámara

La VET se la va a seleccionar en base al catálogo de Válvulas de Expansión Termostática de la empresa Emerson Climate Technologies del Anexo 9.

Los datos necesarios para seleccionar la VET en el catálogo son:

- Capacidad del evaporador ($Q_{Evapd.}$) en toneladas de refrigeración.
- Tipo de refrigerante en el sistema.
- Temperatura de evaporación ($T_{Evap.}$), en °C.
- Temperatura del líquido refrigerante entrando a la VET, en °C.
- Caída de presión en la válvula de expansión termostática (ΔP_{VET}), en psi. Para determinar esta caída de presión se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 32:

$$\Delta P_{VET} = P_{Cond.} - P_{Evap.} - \Delta P_{Tub. \text{ L}\acute{ı}q.} - \Delta P_{Accesorios} - \Delta P_{Dist. \text{ L}\acute{ı}q.}$$

Dónde:

$P_{Cond.}$: Presión de Condensación.

$P_{Evap.}$: Presión de Evaporación.

$\Delta P_{Tub. \text{ L}\acute{ı}q.}$: Caída de presión en la tubería de líquido.

$\Delta P_{Accesorios}$: Caída de presión debida a los accesorios de la línea de líquido, tales como: válvula solenoide, filtro deshidratador y visor de líquido.

$\Delta P_{Dist. \text{ L}\acute{ı}q.}$: Caída de presión en el distribuidor de líquido.

- Capacidad de diseño (corregida), la cual se determina mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 33:

$$\text{Capacidad de Diseño} = \frac{\text{Capacidad del Evaporador}}{\text{Factor de corrección}}$$

Mediante la siguiente tabla se determina el factor de corrección en función de la temperatura del líquido refrigerante entrando a la VET y el tipo de refrigerante.

Tabla 21: Factores de Corrección para Válvulas de Expansión Termostática.

	Temperatura de Refrigerante Líquido °F (°C)														
	0 (-18)	10 (-12)	20 (-7)	30 (-1)	40 (4)	50 (10)	60 (16)	70 (21)	80 (27)	90 (32)	100 (38)	110 (43)	120 (49)	130 (54)	140 (60)
R-12	1.60	1.54	1.48	1.42	1.36	1.30	1.24	1.18	1.12	1.06	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75
R-134a	1.70	1.63	1.56	1.49	1.42	1.36	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00	0.93	0.85	0.78	0.71
R-22	1.56	1.51	1.45	1.40	1.34	1.29	1.23	1.17	1.12	1.06	1.00	0.94	0.88	0.82	0.76
R-404A/R-507	2.00	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80	0.70	0.50
R-410A	-	-	-	-	-	1.37	1.30	1.23	1.15	1.08	1.00	0.92	0.84	0.75	0.65

Estos factores incluyen correcciones para densidad de refrigerante líquido y efecto neto de refrigeración, y están basados a una temperatura de evaporación promedio de -18°C (0°F). Sin embargo, estos factores pueden ser usados para cualquier temperatura de evaporación desde -40°C (-40°F) a +5°C (40°F), ya que la variación de los factores dados en este rango es insignificante.

Fuente: Catálogo General de Productos de la empresa

Emerson Climate Technologies.

a. Selección de la VET del sistema de refrigeración de la Cámara de Paletizado

Datos:

Refrigerante: R-134a

$Q_{Evapd.} = 9,72 \text{ KW} = 2,8 \text{ TR}$ (toneladas de refrigeración)

$T_{Cám.} = 13^{\circ}\text{C}$

$$T_{\text{Evap.}} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{Evap.}} = 350,06 \text{ KPa} = 50,8 \text{ psi}$$

$$P_{\text{Cond.}} = 1.017,1 \text{ KPa} = 147,52 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{\text{Tub. Líq.}} = 0,47 \text{ psi}$$

$\Delta P_{\text{Accesorios}} = 4 \text{ psi}$ (Valor obtenido de la suma de las caídas de presión de los accesorios de la línea de líquido dada en sus respectivos catálogos)

$$\Delta P_{\text{Dist. Líq.}} = 35 \text{ psi}$$

Determinación de la caída de presión en la VET

Mediante la ecuación 32 se tiene:

$$\Delta P_{\text{VET}} = 147,52 - 50,8 - 0,47 - 4 - 35 = 57,25 \text{ psi}$$

Determinación de la capacidad de diseño del evaporador (corregida)

La temperatura del líquido refrigerante entrando a la VET es de 35 °C, ya que al momento de salir del condensador posee una temperatura de 40°C y se subenfria 5 °C en toda la línea de líquido.

Con el valor de la temperatura del líquido refrigerante entrando a la VET y el tipo de refrigerante utilizado en el sistema (R-134a) se selecciona en la Tabla 21 por medio de una interpolación el factor de corrección para la VET, cuyo valor es 1,035.

$$\text{Capacidad de Diseño} = \frac{2,8}{1,035} = 2,71 \text{ TR}$$

Determinación de la Capacidad de la VET

En la tabla de capacidades extendidas del R-134a del Anexo 9 se determina el valor de la capacidad de la VET que más se aproxime a la capacidad de diseño de 2,71 TR por medio de la serie de la válvula (BA/BN), la temperatura de evaporación de 5°C y la caída de presión en la VET de 57,25 psi (por lo cual se elige en la tabla la temperatura de evaporación de 4,4 °C y la caída de presión en la VET de 60 psi, debido a que son los valores más próximos). Se halla que la capacidad de la VET es de 2,88 TR reales (3 TR nominales).

Por lo tanto el modelo de la VET seleccionado es el BAE 3 MC 5 FT 1/2 x 5/8 ODF S/T de acuerdo a la nomenclatura de la válvula Serie BA/BN del catálogo del Anexo 9.

b. Selección de la VET del sistema de refrigeración de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

Refrigerante: R-134a

$$Q_{Evapd.} = 11,8 \text{ KW} = 3,4 \text{ TR}$$

$$T_{Cám.} = 7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{Evap.}} = -1^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{Evap.}} = 282,68 \text{ KPa} = 40,9 \text{ psi}$$

$$P_{\text{Cond.}} = 1.017,1 \text{ KPa} = 147,52 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{\text{Tub. L.}} = 0,59 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{\text{Accesorios}} = 4 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{\text{Dist. L.}} = 35 \text{ psi}$$

Determinación de la caída de presión en la VET

Mediante la ecuación 32 se tiene:

$$\Delta P_{\text{VET}} = 147,52 - 40,9 - 0,59 - 4 - 35 = 67,03 \text{ psi}$$

Determinación de la capacidad de diseño del evaporador (corregida)

Temperatura del líquido refrigerante entrando a la VET: 35 °C

Mediante la Tabla 21 se obtiene un factor de corrección de 1,035

$$\text{Capacidad de Diseño} = \frac{3,4}{1,035} = 3,3 \text{ TR}$$

Determinación de la capacidad de la VET

En la tabla de capacidades extendidas del R-134a del Anexo 9 por medio del tipo de válvula (BA/BN), la $T_{\text{Evap.}}$ de -1°C (se elige la $T_{\text{Evap.}}$ de $4,4^{\circ}\text{C}$ de la tabla ya que es la más cercana), y la ΔP_{VET} (67,03

psi), se halla al realizar una interpolación que la capacidad de la VET es de 3,84 TR reales ($3\frac{1}{2}$ TR nominales).

Por lo tanto el modelo de la VET seleccionado es el BAE $3\frac{1}{2}$ MC 5 FT 1/2 x 5/8 ODF S/T de acuerdo a la nomenclatura de la válvula Serie BA/BN del catálogo del Anexo 9.

c. Selección de las VET de los sistemas de refrigeración de las Cámaras de Conservación

Para ambas cámaras se tiene:

Datos:

Refrigerante: R-134a

$$Q_{Evap.} = 4,11 \text{ KW} = 1,17 \text{ TR}$$

$$T_{Cám.} = 13^{\circ}\text{C}$$

$$T_{Evap.} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$P_{Evap.} = 314,84 \text{ KPa} = 45,7 \text{ psi}$$

$$P_{Cond.} = 1.017,1 \text{ KPa} = 147,52 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{Tub. \text{ Líq.}} = 0,37 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{Accesorios} = 4 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{Dist. \text{ Líq.}} = 35 \text{ psi}$$

Determinación de la caída de presión en la VET

Mediante la ecuación 32 se tiene:

$$\Delta P_{VET} = 147,52 - 45,7 - 0,37 - 4 - 35 = 62,45 \text{ psi}$$

Determinación de la capacidad de diseño del evaporador
(corregida)

Temperatura del líquido refrigerante entrando a la VET: 35 °C

Mediante la Tabla 21 se obtiene un factor de corrección de 1,035

$$\text{Capacidad de Diseño} = \frac{1,17}{1,035} = 1,13 \text{ TR}$$

Determinación de la capacidad de la VET

En la tabla de capacidades extendidas del R-134a del Anexo 9 por medio del tipo de válvula (TCLE), la $T_{Evap.}$ de 2°C (se elige la $T_{Evap.}$ de 4,4 °C de la tabla ya que es la más cercana), y la ΔP_{VET} (62,45 psi), se halla al realizar una interpolación que la capacidad de la VET es de 1,42 TR reales ($1\frac{1}{2}$ TR nominal).

Por lo tanto el modelo de la VET seleccionado es el TCLE $1\frac{1}{2}$ MC 5 FT 3/8 x 1/2 ODF S/T de acuerdo a la nomenclatura de la válvula Serie TCLE del catálogo del Anexo 9.

8.1.2. Válvula solenoide

Esta válvula es del tipo electromagnética, y generalmente va instalada antes de la válvula de expansión termostática, con la

finalidad de cortar el paso del refrigerante cuando la instalación o equipo frigorífico se encuentra parado.

Selección de la válvula solenoide de la máquina frigorífica de cada cámara

La válvula solenoide se la va a seleccionar en base al catálogo de Válvulas Solenoide de la empresa Emerson Climate Technologies del Anexo 10.

Los datos necesarios para seleccionar la válvula solenoide en el catálogo son:

- Refrigerante.
- Servicio (líquido, gas de descarga o gas de succión).
- Capacidad del sistema (toneladas de refrigeración).
- Caída de presión de la válvula solenoide ($\Delta P_{Vál. Sol.}$), en psi.
- Temperatura de evaporación ($T_{Evap.}$), en °C o °F.
- Tamaño y tipo de conexión.

Para seleccionar la válvula solenoide de la tabla de capacidades para la línea de líquido del catálogo del Anexo 10 se lo hace en base a la capacidad nominal del sistema, la cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\textbf{Ecuación 34: } \textit{Capacidad nominal} = \frac{\textit{Capacidad real}}{\textit{Factor de corrección}}$$

Mediante la siguiente tabla se determina el factor de corrección en función del tipo de servicio de la válvula y la temperatura del evaporador.

Tabla 22: Factores de Corrección para Válvulas Solenoide.

Tabla de Factores de Corrección

	Temp. Evaporador °F (°C)	40 (4)	30 (-1)	20 (-7)	10 (-12)	0 (-18)	-10 (23)	-20 (-29)	-30 (-34)	-40 (-40)
Línea de Líquido	Dividir por	1.00	.96	.92	.88	.84	.80	.77	.74	.71
Línea de Gas de Descarga	Dividir por	1.00	.96	.93	.90	.87	.84	.81	.78	.75
Línea de Succión	Dividir por	1.00	.87	.78	.70	.60	.52	.46	.40	.34

Todas las capacidades y factores están basados en temperaturas de condensación normales 100°F (38°C) con compresión isentrópica de más de 50 grados, 65°F (18°C) gas de succión y líquido saturado entrando al dispositivo de expansión de acuerdo al estándar ARI 760-65. Para capacidades a diferentes condiciones de operación, utilice los factores de corrección aprobados dados en la tabla que antecede. Los factores se aplican a los refrigerantes dados.

Fuente: Catálogo de Válvulas Solenoide de la empresa Emerson
Climate Technologies.

a. Selección de la válvula solenoide del sistema de refrigeración de la Cámara de Paletizado

Datos:

Refrigerante: R-134a

Servicio: Línea de líquido

Capacidad del sistema: 2,8 TR

$T_{\text{Evap.}} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta P_{\text{Vál. Sol.}} = 3 \text{ psi}$

DE = 1/2 in (Tubería de líquido)

Para la línea de líquido y una temperatura de evaporación de 5°C se obtiene de la Tabla 22 un factor de corrección de 1,00

Reemplazando los valores correspondientes en la ecuación 34 se halla la capacidad nominal del sistema, cuyo valor es:

$$Capacidad\ nominal = \frac{2,8}{1,00} = 2,8\ TR$$

En base a este valor se verifica en la sección del refrigerante R-134a de la tabla de capacidades para línea de líquido del catálogo del Anexo 10 que la válvula serie 200RB proporcionará una capacidad de 3,33 TR a una caída de presión a través de la misma de 3 psi. De acuerdo a esta capacidad de 3,33 TR se selecciona en la tabla de capacidad nominal para líquido del catálogo del Anexo 10 el modelo de válvula 200RB 3T4 con medida de conexión de 1/2 in.

b. Selección de la válvula solenoide del sistema de refrigeración de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

Refrigerante: R-134a

Servicio: Línea de líquido

Capacidad del sistema: 3,4 TR

$T_{Evap.} = -1\ ^\circ C$

$\Delta P_{Vál. Sol.} = 2\ psi$

DE = 1/2 in (Tubería de líquido)

De la Tabla 22 se obtiene un factor de corrección de 0,96.

Mediante la ecuación 34 se tiene:

$$Capacidad\ nominal = \frac{3,4}{0,96} = 3,54\ TR$$

En base a este valor se verifica en la tabla de capacidades del Anexo 10 que la válvula serie 200RB proporcionará una capacidad de 3,62 TR a una caída de presión de 2 psi. Con los datos pertinentes se selecciona en la tabla de capacidad nominal del Anexo 10 el modelo de válvula 200RB 3T4 con medida de conexión de 1/2 in.

c. Selección de las válvulas solenoides de los sistemas de refrigeración de las Cámaras de Conservación

Para ambas cámaras se tiene:

Datos:

Refrigerante: R-134a

Servicio: Línea de líquido

Capacidad del sistema: 1,17 TR

$T_{Evap.} = 2^{\circ}C$

$\Delta P_{Vál. Sol.} = 3\ psi$

DE = 3/8 in (Tubería de líquido)

De la Tabla 22 por medio de una interpolación se obtiene un factor de corrección de 0,98

Mediante la ecuación 34 se tiene:

$$\text{Capacidad nominal} = \frac{1,17}{0,98} = 1,19 \text{ TR}$$

En base a este valor se verifica en la tabla de capacidades del Anexo 10 que la válvula serie 100RB proporcionará una capacidad de 1,20 TR a una caída de presión de 3 psi. Con los datos pertinentes se selecciona en la tabla de capacidad nominal del Anexo 10 el modelo de válvula 100RB 2S3 con medida de conexión de 3/8 in.

8.1.3. Válvula de presión constante o válvula reguladora de presión del evaporador

Este tipo de válvula se instala en la línea de aspiración detrás del evaporador para regular la presión de evaporación en instalaciones de refrigeración con uno o más evaporadores y un compresor.

Esta válvula se utiliza para mantener una presión de evaporación constante y por tanto una temperatura constante en la superficie del evaporador (bajo condiciones de baja carga térmica). La regulación es modulante. Estrangulando la línea de aspiración se adapta la cantidad de gas refrigerante a la carga del evaporador.

Selección de la válvula reguladora de presión del evaporador de la máquina frigorífica de cada cámara

Los datos necesarios para seleccionar este tipo de válvula son:

- Tipo de Refrigerante.
- Temperatura de diseño del evaporador ($T_{Evap.}$).
- Capacidad del evaporador ($Q_{Evapd.}$).
- Temperatura mínima permisible del evaporador ($T_{Evap. \text{ mín.}}$).
- Caída de presión a través de la válvula ($\Delta P_{Vál. \text{ Reg. Pres. Evapd.}}$).

El factor de corrección de capacidad se lo determina en base a la siguiente tabla dada en el catálogo de válvulas reguladoras de presión del evaporador de la empresa Parker – Sporlan del Anexo 11.

Tabla 23: Factores de corrección de capacidad.

CAMBIO PERMISIBLE EN LA PRESIÓN DE EVAPORADOR – psi		2	4	6	8	10	12	14
MULTIPLICADOR	ORIT-6, 10-0/50	0.3	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
DE CAPACIDAD	ORIT-6, 10-30/100	—	0.2	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1

a. Selección de la válvula reguladora de presión del evaporador de la Cámara de Paletizado

Datos:

Servicio: Línea de aspiración

Refrigerante: R-134a

$$Q_{Evapd.} = 2,8 \text{ TR}$$

$$\Delta P_{Vál. \text{ Reg. Pres. Evapd.}} = 10 \text{ psi}$$

$T_{Evap.} = 5^{\circ}\text{C}$, la correspondiente presión de saturación es: $P_{Evap.} = 36$ psi

$T_{Evap. \text{ mín.}} = 2^{\circ}\text{C}$ (asumiendo una variación admisible de 3°C por debajo de la temperatura de evaporador de diseño), la correspondiente presión de saturación es: $P_{Evap. \text{ mín.}} = 31,68$ psi (valor obtenido por interpolación).

Los valores de las presiones de saturación se los obtuvieron de la tabla de capacidades del catálogo del Anexo 11.

Con el tipo de refrigerante, la temperatura de diseño del evaporador, y la caída de presión a través de la válvula se selecciona en la tabla de capacidades del catálogo del Anexo 11 una válvula tipo Orit 10 con un rango de ajuste de presión de 0 - 50 psi (0/50), con una capacidad nominal de 5,18 TR y una medida de conexión de 7/8 in ODF.

El cambio en la presión de evaporador permisible es de: $36 - 31,68 = 4,32$ psi. De acuerdo a la Tabla 23 y por medio de una interpolación, a este valor de presión le corresponde un factor de corrección de 0,632.

Por lo tanto la capacidad resultante es de: $5,18 \times 0,632 = 3,3$ TR. Ya que este valor es superior a la capacidad del evaporador (2,8 TR), la Orit 10 es una selección apropiada.

b. Selección de la válvula reguladora de presión del evaporador de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

Servicio: Línea de aspiración

Refrigerante: R-134a

$$Q_{Evapd.} = 3,4 \text{ TR}$$

$$\Delta P_{Vál. \text{ Reg. Pres. Evapd.}} = 10 \text{ psi}$$

$T_{Evap.} = -1^{\circ}\text{C}$, la correspondiente presión de saturación es: $P_{Evap.} = 27,4$ psi (valor obtenido por interpolación).

$T_{Evap. \text{ mín.}} = -5^{\circ}\text{C}$ (asumiendo una variación admisible de 4°C), la correspondiente presión de saturación es: $P_{Evap. \text{ mín.}} = 21,6$ psi (valor obtenido por interpolación).

Las presiones de saturación se las obtuvo de la tabla de capacidades del Anexo 11.

Con los datos pertinentes se selecciona en la tabla de capacidades del Anexo 11 una válvula tipo Orit 10 con un rango de ajuste de presión de 0 - 50 psi (0/50), con una capacidad nominal obtenida por interpolación de 4,54 TR y una medida de conexión de 7/8 in ODF.

El cambio en la presión de evaporador permisible es de: $27,4 - 21,6 = 5,8$ psi. De acuerdo a la Tabla 23 y por medio de una interpolación, a este valor de presión le corresponde un factor de corrección de 0,78.

Por lo tanto la capacidad resultante es de: $4,54 \times 0,78 = 3,54$ TR. Ya que este valor es superior a la capacidad del evaporador (3,4 TR), la Orit 10 es una selección apropiada.

c. Selección de las válvulas reguladoras de presión de los evaporadores de las Cámaras de Conservación

Para ambas cámaras se tiene:

Datos:

Servicio: Línea de aspiración

Refrigerante: R-134a

$$Q_{Evapd.} = 1,17 \text{ TR}$$

$$\Delta P_{Vál. \text{ Reg. Pres. Evapd.}} = 10 \text{ psi}$$

$T_{Evap.} = 2^{\circ}\text{C}$, la correspondiente presión de saturación es: $P_{Evap.} = 31,7$ psi (valor obtenido por interpolación).

$T_{Evap. \text{ mín.}} = -3^{\circ}\text{C}$ (asumiendo una variación admisible de 5°C), la correspondiente presión de saturación es: $P_{Evap. \text{ mín.}} = 24,5$ psi (valor obtenido por interpolación).

Las presiones de saturación se las obtuvo de la tabla de capacidades del Anexo 11.

Con los datos pertinentes se selecciona en la tabla de capacidades del Anexo 11 una válvula tipo Orit 6 con un rango de ajuste de presión de 0 - 50 psi (0/50), con una capacidad nominal obtenida por interpolación de 1,45 TR y una medida de conexión de 5/8 in ODF.

El cambio en la presión de evaporador permisible es de: $31,7 - 24,5 = 7,2$ psi. De acuerdo a la Tabla 23 y por medio de una interpolación, a este valor de presión le corresponde un factor de corrección de 0,92.

Por lo tanto la capacidad resultante es de: $1,45 \times 0,92 = 1,33$ TR. Ya que este valor es superior a la capacidad del evaporador (1,17 TR), la Orit 6 es una selección apropiada.

8.1.4. Termostato

El objetivo principal del termostato es controlar la temperatura del local a refrigerar.

El termostato actúa conforme a las fluctuaciones de temperatura, energizando o desenergizando las válvulas solenoides, los ventiladores y el compresor.

Selección de los termostatos para todas las cámaras frigoríficas

Se va a seleccionar un mismo tipo de termostato para todas las cámaras frigoríficas. De acuerdo a la tabla de selección del catálogo de termostatos de la empresa Danfoss del Anexo 12 se selecciona un termostato tipo KP 71 con una gama de regulación de -5 a 20°C. Las demás características técnicas de este tipo de termostato se dan en el catálogo del Anexo 12.

8.1.5. Presostato

De acuerdo a su uso pueden ser:

- Presostato de baja presión (PBP).
- Presostato de alta presión (PAP).

Presostato de baja presión

Este aparato es usado como un dispositivo de seguridad o protección para actuar deteniendo el funcionamiento del motor que impulsa al compresor, cuando se produce una presión de aspiración o succión excesivamente baja, lo cual ocasiona que el compresor trabaje en vacío y pueda incluso succionar el aceite del cárter del compresor.

Este presostato va instalado en la tubería de succión del compresor.

Presostato de alta presión

Este tipo de presostato es usado también como dispositivo de protección que actúa deteniendo el funcionamiento del compresor cuando la presión de descarga es excesivamente alta, lo cual podría ocasionar daños en el sistema.

Este presostato va instalado en la tubería de descarga del compresor.

Selección de los presostatos para todas las cámaras frigoríficas

Se va a seleccionar un mismo tipo de presostato para todas las cámaras frigoríficas. De acuerdo a la tabla de selección del catálogo de presostatos de la empresa Danfoss del Anexo 13 se selecciona un presostato doble (dual) tipo KP 15 con un rango de regulación de -0,2 a 7,5 bar para la baja presión, y de 8 a 32 bar para la alta presión, y con conexión de 1/4 in para roscar. Las demás características técnicas de este tipo de presostato se dan en el catálogo del Anexo 13.

8.2. Dispositivos anexos

Los dispositivos anexos son todos aquellos que prestan un servicio complementario a fin de asegurar un mejor funcionamiento de las instalaciones frigoríficas. Entre estos dispositivos tenemos:

- Deshidratador (Filtro secador).
- Visor de líquido.
- Separador de aceite.
- Acumulador de succión.
- Botella recibidora de líquido.

8.2.1. Deshidratador (Filtro secador)

El objetivo del deshidratador es eliminar la humedad que pueda contener el refrigerante, la misma que podría causar: obstrucciones o bloqueos en la válvula de expansión, contaminación del aceite del compresor, corrosión de las tuberías.

a. Selección del filtro deshidratador de la Cámara de Paletizado

Datos:

Refrigerante: R-134a

Servicio: Línea de líquido

Capacidad del sistema: 2,8 TR

DE = 1/2 in (Tubería de líquido)

En base a estos datos en la tabla de selección de filtros deshidratadores sellados para el R-134a del catálogo de la empresa Parker - Sporlan del Anexo 14 en la sección de refrigeración para una capacidad de 3 a 5 TR se selecciona el filtro deshidratador modelo C-304-S con tamaño de conexión de 1/2 in.

b. Selección del filtro deshidratador de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

Refrigerante: R-134a

Servicio: Línea de líquido

Capacidad del sistema: 3,4 TR

DE = 1/2 in (Tubería de líquido)

En base a estos datos en la tabla de selección del Anexo 14 en la sección de refrigeración para una capacidad de 3 a 5 TR se selecciona el filtro deshidratador modelo C-304-S con tamaño de conexión de 1/2 in.

c. Selección de los filtros deshidratadores de las Cámaras de Conservación

Para ambas cámaras se tiene:

Datos:

Refrigerante: R-134a

Servicio: Línea de líquido

Capacidad del sistema: 1,17 TR

DE = 3/8 in (Tubería de líquido)

En base a estos datos en la tabla de selección del Anexo 14 en la sección de refrigeración para una capacidad de 1/2 a $1\frac{1}{2}$ TR se

selecciona el filtro deshidratador modelo C-083-S con tamaño de conexión de 3/8 in.

8.2.2. Visor de líquido

Un visor de líquido es una mirilla de cristal que va instalado en la línea de líquido a continuación del deshidratador y antes de la válvula de expansión. El visor permite observar si el líquido refrigerante se encuentra fluyendo, también permite apreciar la cantidad de refrigerante que se encuentra circulando por el sistema.

a. Selección de los visores de líquido para las Cámaras de Paletizado y Pre-enfriamiento

De acuerdo a la tabla de selección de visores de líquido del catálogo de la empresa Emerson Climate Technologies del Anexo 15 se selecciona para cada cámara un visor de líquido modelo HMI-1TT4 con medida de conexión de 1/2 in, ya que el diámetro de la tubería de líquido del sistema de refrigeración de cada cámara es de 1/2 in.

b. Selección de los visores de líquido para las Cámaras de Conservación

De acuerdo a la tabla de selección del Anexo 15 se selecciona para cada cámara un visor de líquido modelo HMI-1TT3 con medida de

conexión de 3/8 in, ya que el diámetro de la tubería de líquido del sistema de refrigeración de cada cámara es de 3/8 in.

8.2.3. Separador de aceite

Como se sabe el aceite se mezcla con el refrigerante, el cual lo arrastra fuera del compresor. Es por este motivo que se utiliza un separador de aceite, el cual como su nombre lo indica sirve para separar el aceite del refrigerante inmediatamente al momento que sale del compresor para recuperarlo y retornarlo al cárter del mismo.

Selección del separador de aceite de la máquina frigorífica de cada cámara

El separador de aceite se lo va a seleccionar en base al catálogo de Separadores de Aceite de la empresa Carly del Anexo 16.

Para una temperatura de condensación diferente de 38°C el separador de aceite se lo selecciona de acuerdo a la potencia frigorífica corregida, la cual se calcula mediante la siguiente ecuación dada en el catálogo.

$$\text{Ecuación 35: } Q_o^{Tk\ 38} = \frac{Q_o^{Tk\ x}}{\{[(Tk_x - 38) * 0,0143] + 1\}}$$

Dónde:

$Q_o^{Tk\ 38}$: Potencia frigorífica de la instalación a la temperatura de condensación de 38°C (KW).

$Q_o^{Tk_x}$: Potencia frigorífica de la instalación a la temperatura de condensación inicial (KW).

Tk_x : Temperatura de condensación inicial (°C).

a. Selección del separador de aceite de la Cámara de Paletizado

Datos:

Servicio: Línea de descarga

Refrigerante: R-134a

$$Q_o^{Tk_x} = Q_{Evapd.} = 9,72 \text{ KW}$$

$$Tk_x = T_{Cond.} = 40^\circ\text{C}$$

$$T_{Evap.} = 5^\circ\text{C}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 35 se determina la potencia frigorífica corregida, cuyo valor es:

$$Q_o^{Tk_{38}} = \frac{9,72}{\{[(40 - 38) * 0,0143] + 1\}} = 9,45 \text{ KW}$$

En base a este valor y a la temperatura de evaporación (5°C) se selecciona en la sección del R-134a de la tabla de selección de separadores de aceite del catálogo del Anexo 16 el modelo Turboil 2505 S/MMS con conexión de 5/8 in ODF.

b. Selección del separador de aceite de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

Servicio: Línea de descarga

Refrigerante: R-134a

$$Q_o^{Tkx} = Q_{Evapd.} = 11,8 \text{ KW}$$

$$Tk_x = T_{Cond.} = 40^\circ\text{C}$$

$$T_{Evap.} = -1^\circ\text{C}$$

Mediante la ecuación 35 se tiene:

$$Q_o^{Tk38} = \frac{11,8}{\{[(40 - 38) * 0,0143] + 1\}} = 11,5 \text{ KW}$$

De acuerdo a la tabla de selección del Anexo 16 por medio de una interpolación se selecciona el separador de aceite modelo Turboil 2505 S/MMS con conexión de 5/8 in ODF.

c. Selección de los separadores de aceite de las Cámaras de Conservación

Para ambas cámaras se tiene:

Datos:

Servicio: Línea de descarga

Refrigerante: R-134a

$$Q_o^{Tkx} = Q_{Evapd.} = 4,11 \text{ KW}$$

$$Tk_x = T_{Cond.} = 40^\circ\text{C}$$

$$T_{Evap.} = 2^\circ\text{C}$$

Mediante la ecuación 35 se tiene:

$$Q_o^{Tk 38} = \frac{4,11}{\{[(40 - 38) * 0,0143] + 1\}} = 4 \text{ KW}$$

De acuerdo a la tabla de selección del Anexo 16 por medio de una interpolación se selecciona el separador de aceite modelo Turboil 1503 S con conexión de 3/8 in ODF.

8.2.4. Acumulador de succión o Separador de líquido

Esta botella tiene por objeto evitar la aspiración accidental de refrigerante no vaporizado al compresor y de esta manera eliminar el riesgo de que se produzca un golpe de líquido en el mismo.

Esta botella es ubicada sobre la tubería de aspiración lo más cerca posible del compresor.

Selección del acumulador de succión de la máquina frigorífica de cada cámara

El acumulador de succión de cada cámara se lo va a seleccionar en base al catálogo de acumuladores de succión de la empresa Parker Sporlan del Anexo 17.

Los datos necesarios para seleccionar el acumulador de succión en el catálogo son:

- Tipo de Refrigerante.
- Temperatura de Evaporación.
- Capacidad frigorífica de la instalación.

- Diámetro exterior de la tubería de aspiración.

a. Selección del acumulador de succión de la Cámara de Paletizado

Datos:

Refrigerante: R-134a

$$T_{Evap.} = 5^{\circ}C$$

$$Q_{Evapd.} = 2,8 \text{ TR}$$

DE = 7/8" (Tubería de aspiración)

Con estos datos y de acuerdo a la Tabla "Dimensiones y Data de Flujo" del Anexo 17 se selecciona el acumulador de succión modelo PA5083-11-7C con capacidad de almacenamiento de 108 onzas (3,1 Kg) de refrigerante.

b. Selección del acumulador de succión de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

Refrigerante: R-134a

$$T_{Evap.} = -1^{\circ}C$$

$$Q_{Evapd.} = 3,4 \text{ TR}$$

DE = 7/8" (Tubería de aspiración)

Con estos datos y por medio de una interpolación a los valores de la tabla del Anexo 17 se tiene que para una temperatura de evaporación de -1°C le corresponde una capacidad de 4,06 TR, ya que este valor es ligeramente superior a 3,4 TR se selecciona el acumulador de succión modelo PA5083-12-7C con capacidad de almacenamiento de 125 onzas (3,54 Kg).

c. Selección de los acumuladores de succión de las Cámaras de Conservación

Datos:

Refrigerante: R-134a

$$T_{\text{Evap.}} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Evapd.}} = 1,17 \text{ TR}$$

DE = 5/8" (Tubería de aspiración)

Con estos datos y por medio de una interpolación a los valores de la tabla del Anexo 17 se tiene que para una temperatura de evaporación de 2°C le corresponde una capacidad de 1,66 TR, ya que este valor es ligeramente superior a 1,17 TR se selecciona el acumulador de succión modelo PA3060-15-5 con capacidad de almacenamiento de 55 onzas (1,6 Kg).

Determinación de la cantidad de refrigerante que se debe cargar en el sistema de refrigeración de cada cámara

La capacidad de almacenamiento del acumulador de succión debe ser superior a la mitad de la carga total de refrigerante de la instalación frigorífica (salvo el CO₂), por lo que de acuerdo a la tabla del Anexo 17 la máxima carga de refrigerante recomendada para un sistema de refrigeración se la obtiene dividiendo el valor de la capacidad del acumulador para 0,7, con lo cual se tiene:

➤ **Para la Cámara de Paletizado**

Carga máxima de refrigerante R-134a: $3,1 / 0,7 = 4,43$ Kg

➤ **Para la Cámara de Pre-enfriamiento**

Carga máxima de refrigerante R-134a: $3,54 / 0,7 = 5,06$ Kg

➤ **Para las Cámaras de Conservación**

Carga máxima de refrigerante R-134a: $1,6 / 0,7 = 2,3$ Kg

Una manera práctica de comprobar si en una instalación frigorífica se ha cargado la cantidad adecuada de refrigerante es verificando la presión de descarga del sistema. Si esta presión es mayor al valor normal indica que el sistema tiene mucho refrigerante, por el contrario si esta presión es menor al valor normal indica que le falta refrigerante al sistema.

8.2.5. Botella recibidora de líquido

El recibidor de líquido es un dispositivo en forma de tanque que se localiza en el conducto de líquido y se emplea para almacenar el

refrigerante líquido después de que éste abandona el condensador. El receptor debe estar situado en una posición más baja que el condensador, para que el refrigerante tenga un incentivo para fluir hacia él de manera natural.

Aplicaciones de los receptores de líquido

- Aseguran la compensación de las variaciones de volumen del gas refrigerante en las instalaciones de refrigeración y de acondicionamiento de aire.
- Permiten almacenar el gas refrigerante de la instalación, para las operaciones de mantenimiento o de reparación.

Selección del receptor de líquido de la máquina frigorífica de cada cámara

El receptor de líquido se lo va a seleccionar en base al catálogo de receptores de líquido verticales de la empresa Bitzer del Anexo 18.

a. Selección del receptor de líquido de la Cámara de Paletizado

De acuerdo a la tabla del Anexo 18 para una carga máxima de refrigerante R-134a de 4,43 Kg se selecciona un receptor de líquido tipo FS56 cuyo volumen es de 5,6 litros.

b. Selección del receptor de líquido de la Cámara de Pre-enfriamiento

De acuerdo a la tabla del Anexo 18 para una carga máxima de refrigerante R-134a de 5,06 Kg se selecciona un recibidor de líquido tipo FS56 cuyo volumen es de 5,6 litros.

c. Selección de los recibidores de líquido de las Cámaras de Conservación

De acuerdo a la tabla del Anexo 18 para una carga máxima de refrigerante R-134a de 2,3 Kg se selecciona para cada cámara un recibidor de líquido tipo FS36 cuyo volumen es de 3 litros.

8.2.6. Amortiguador de vibración

El amortiguador de vibración minimiza la transmisión de las vibraciones que se pueden producir en las líneas de descarga y succión de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, ya que la transmisión prolongada de movimiento a través de las líneas de succión y descarga puede ocasionar fugas en el sistema y un aumento del desgaste, lo cual puede resultar costoso y suponer un peligro para el sistema.

Selección de los amortiguadores de vibración para las tuberías de succión y descarga de la máquina frigorífica de cada cámara

Datos:

Tuberías de descarga:

DE = 5/8 in (Cámara de Paletizado).

DE = 5/8 in (Cámara de Pre-enfriamiento).

DE = 3/8 in (Cámaras de Conservación).

Tuberías de succión:

DE = 7/8 in (Cámara de Paletizado).

DE = 7/8 in (Cámara de Pre-enfriamiento).

DE = 5/8 in (Cámaras de Conservación).

En base al catálogo de amortiguadores de vibración de la empresa Parker Sporlan del Anexo 19 para las tuberías con un DE = 7/8 in se selecciona el amortiguador modelo VABD07SS, para las tuberías con un DE = 5/8 in se selecciona el amortiguador modelo VABD05SS, y para la tubería con un DE = 3/8 in se selecciona un amortiguador modelo VABD03SS.

8.2.7. Tuberías

La tubería apropiada para la refrigeración es tan esencial para la operación exitosa del sistema como lo son las venas y arterias para el cuerpo humano. Una distribución o dimensionamiento inapropiado puede cambiar la eficiencia de los diferentes componentes afectando así la capacidad del sistema.

Funciones de la tubería de refrigeración

La tubería que conecta los tres mayores componentes del sistema tiene dos funciones principales, las cuales son:

- Proveer un medio para la circulación del refrigerante a través del sistema.
- Proveer un medio para que el aceite retorne al compresor.

Debe proporcionar estas dos funciones con un mínimo de caída de presión y un máximo de protección para el compresor.

Distribución de la tubería en un sistema de refrigeración directa

La distribución de la tubería en una instalación frigorífica de expansión directa se divide como sigue:

- Tubería de gas caliente o de descarga, la cual está ubicada entre el compresor y el condensador.
- Tubería de líquido, la cual está ubicada entre la botella receptora de líquido y la válvula de expansión.
- Tubería de succión o aspiración, la cual está ubicada entre el evaporador y el compresor.

Materiales de las tuberías

En general, el tipo de material empleado en tuberías para refrigeración, depende del tamaño y naturaleza de la instalación, del refrigerante utilizado, del costo de los materiales y mano de obra.

Los materiales más frecuentemente usados en tuberías para refrigeración son: el acero, hierro dulce, cobre y latón. Todos estos son apropiados para usarse con todos los refrigerantes comunes, excepto el cobre y el latón que no pueden ser usados con el amoníaco, debido a que en presencia de humedad, el amoníaco ataca a los metales no ferrosos.

La tubería de cobre tiene la ventaja de ser de peso ligero, más resistente a la corrosión y más fácil de instalarse que el hierro dulce y el acero. Para todos los refrigerantes con excepción del amoníaco, los tubos hasta de $4\frac{1}{8}$ " de diámetro exterior (100 mm) pueden ser de cobre o de acero, todos los tubos mayores de este tamaño deberán ser de acero. Sin embargo, es práctica común usar tubo de acero en cualquier instalación donde se tenga una cantidad grande de tuberías de más de 2" (50 mm). El hierro dulce, aunque es más caro que el acero, algunas veces se usa en lugar de este último por su gran resistencia a la corrosión.

Selección del material y tipo de tubería de las máquinas frigoríficas de las cámaras

El material de las tuberías que se van a utilizar en los sistemas de refrigeración de todas las cámaras va a ser de cobre debido a las ventajas que presenta con respecto a otros materiales para tubería.

Las tuberías de cobre están disponibles en tres pesos conocidos como K, L y M, cuyas prestaciones son:

- La tubería de cobre tipo K se la utiliza para trabajo pesado, por ende tiene la pared más gruesa que las demás.
- La tubería de cobre tipo L es para trabajo promedio, y su pared es menos gruesa que la de tipo K.
- La tubería de cobre tipo M es para trabajo ligero, y su pared es la más delgada que los otros dos tipos de tubería.

Se va a seleccionar la tubería de cobre rígida tipo L para los sistemas de refrigeración de todas las cámaras, ya que se recomienda para el trabajo ordinario de refrigeración.

8.2.7.1. Cálculo de las dimensiones de las tuberías

Las tuberías se deben dimensionar para que den suficiente velocidad al refrigerante y al mismo tiempo eviten la caída de presión excesiva del mismo.

Consideraciones prácticas

Entre las principales tenemos las siguientes:

- La instalación de la tubería debe ser lo más corta, recta y directa dentro de lo posible, para obtener una economía en el costo y evitar los cambios de dirección,

uso excesivo de accesorios (codos, neplos, etc) y caídas de presión demasiado grandes.

- Usar en lo posible el mínimo número de accesorios, para evitar caídas de presión y fugas de refrigerante.
- Las tuberías horizontales deben instalarse con una ligera inclinación en dirección del flujo de refrigerante, a fin de facilitar el desplazamiento del aceite que circula mezclado con el refrigerante. Esta inclinación en la práctica deberá no ser menor de $\frac{1}{2}$ " (13 mm) por cada 10 ft (3 m) de longitud de tubería.
- Limitar la caída de presión en el conducto de aspiración a $0,210 \text{ Kg/cm}^2$ (3 psi), para evitar una disminución del rendimiento volumétrico del compresor, y para que el recalentamiento sea más pequeño.
- Limitar la caída de presión en la tubería de descarga a $0,15 \text{ Kg/cm}^2$ (2 psi).
- Limitar la caída de presión en el conducto de líquido a $0,280 \text{ Kg/cm}^2$ (4 psi); para evitar:
 - Un mal rendimiento del compresor.
 - La evaporación del líquido refrigerante en la tubería de líquido.
 - Disminución de la capacidad de la válvula de expansión.

- Los valores de las velocidades del refrigerante en las tuberías frigoríficas del sistema de refrigeración de acuerdo al manual “Refrigerant Piping Handbook” de la empresa Dupont son:
- Tubería de descarga: 2.000 a 3.500 ft/min (10,16 a 17,78 m/s).
 - Tubería de líquido: 100 a 300 ft/min (0,50 a 1,52 m/s).
 - Tubería de aspiración: 900 a 4.000 ft/min (4,57 a 20,32 m/s).

8.2.7.1.1. Cálculo de los diámetros según el tipo de tubería

Para determinar los diámetros de las tuberías de la máquina frigorífica de cada cámara se va a utilizar el diagrama “Velocity in Lines” del refrigerante R-134a que se muestra en el Apéndice F y la siguiente información: potencia frigorífica, temperatura de evaporación y de condensación, y los valores de las velocidades del refrigerante en las líneas frigoríficas del sistema de refrigeración. Cada uno de estos datos se los ubica en el diagrama para determinar el diámetro exterior de las tuberías de la máquina frigorífica de cada cámara.

Para determinar el diámetro interior de las tuberías del sistema de refrigeración se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 36: } DI = \sqrt{\frac{4 * \dot{m}}{V * \pi * \rho}}$$

Dónde:

DI: Diámetro interior de la tubería.

\dot{m} : Caudal másico de refrigerante.

V: Velocidad del refrigerante.

ρ : Densidad del refrigerante.

Tabla 24: Dimensiones de la tubería de cobre tipo L.



Suva® refrigerants

Only by DuPont

Dimensions of Type L Copper Tubing

Outside Diameter Inches	Inside Diameter	
	Inches	mm
6-1/8	5.845	148.5
5-1/8	4.875	123.8
4-1/8	3.905	99.2
3-5/8	3.425	87.0
3-1/8	2.945	74.8
2-5/8	2.465	62.6
2-1/8	1.985	50.4
1-5/8	1.505	38.2
1-3/8	1.265	32.1
1-1/8	1.025	26.0
7/8	0.785	19.9
3/4	0.666	16.9
5/8	0.545	13.8
1/2	0.430	10.9
3/8	0.315	8.0

a. Determinación del diámetro exterior e interior de las tuberías de la máquina frigorífica de la Cámara de Paletizado

Datos:

$$Q_{Evapd.} = 9,72 \text{ KW}$$

$$T_{Evap.} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{Cond.} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$V = 12 \text{ m/s (Tubería de descarga)}$$

$$V = 13 \text{ m/s (Tubería de succión)}$$

$$V = 0,68 \text{ m/s (Tubería de líquido)}$$

En base a estos datos y al diagrama del Apéndice F se obtienen los siguientes diámetros exteriores de las tuberías del sistema de refrigeración:

Diámetro exterior de la tubería de descarga: DE = 5/8 in. De acuerdo a las dimensiones de la tubería de cobre tipo L que se muestra en la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de diámetro interior (DI) de 13,8 mm.

También se puede determinar el diámetro interior de la tubería utilizando la ecuación 36, con lo cual se tiene:

Datos:

$$v_2 = 0,022 \text{ m}^3/\text{Kg} \text{ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice B)}$$

$$V = 12 \text{ m/s}$$

$\dot{m} = 242 \text{ Kg/hr} = 0,0672 \text{ Kg/s}$ (Valor obtenido de las características técnicas del compresor seleccionado para esta cámara en el capítulo 7)

$$\rho = \frac{1}{v_2} = \frac{1}{0,022} = 45,45 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0672}{12 * \pi * 45,45}} = 0,0125 \text{ m} = 12,5 \text{ mm}$$

Como se puede apreciar este valor de diámetro interior calculado es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, con lo cual se comprueba que el valor seleccionado para el DI de la tubería es el correcto.

Diámetro exterior de la tubería de succión: DE = 7/8 in. De acuerdo a la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de DI de 19,9 mm.

Cálculo del DI de la tubería mediante la ecuación 36:

Datos:

$v_6 = 0,060 \text{ m}^3/\text{Kg}$ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice B)

$$V = 13 \text{ m/s}$$

$$\dot{m} = 0,0672 \text{ Kg/s}$$

$$\rho = \frac{1}{v_6} = \frac{1}{0,060} = 16,67 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0672}{13 * \pi * 16,67}} = 0,0198 \text{ m} = 19,8 \text{ mm}$$

Ya que este valor es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, se comprueba que el DI de la tubería es el correcto.

Diámetro exterior de la tubería de líquido: DE = 1/2 in. De acuerdo a la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de DI de 10,9 mm.

Cálculo del DI de la tubería mediante la ecuación 36:

Datos:

$v_3 = 0,00087 \text{ m}^3/\text{Kg}$ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice B)

$V = 0,68 \text{ m/s}$

$\dot{m} = 0,0672 \text{ Kg/s}$

$$\rho = \frac{1}{v_3} = \frac{1}{0,00087} = 1.149,42 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0672}{0,68 * \pi * 1.149,42}} = 0,0105 \text{ m} = 10,5 \text{ mm}$$

Ya que este valor es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, se comprueba que el DI de la tubería es el correcto.

b. Determinación del diámetro exterior e interior de las tuberías de la máquina frigorífica de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

$$Q_{Evapd.} = 11,8 \text{ KW}$$

$$T_{Evap.} = -1^{\circ}\text{C}$$

$$T_{Cond.} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$V = 15 \text{ m/s (Tubería de descarga)}$$

$$V = 20 \text{ m/s (Tubería de succión)}$$

$$V = 0,82 \text{ m/s (Tubería de líquido)}$$

En base a estos datos y al diagrama del Apéndice G se obtienen los siguientes diámetros exteriores de las tuberías del sistema de refrigeración:

Diámetro exterior de la tubería de descarga: DE = 5/8 in. De acuerdo a la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de DI de 13,8 mm.

Cálculo del DI de la tubería mediante la ecuación 36:

Datos:

$v_2 = 0,022 \text{ m}^3/\text{Kg}$ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice C)

$$V = 15 \text{ m/s}$$

$\dot{m} = 249 \text{ Kg/hr} = 0,0692 \text{ Kg/s}$ (Valor obtenido de las características técnicas del compresor seleccionado para esta cámara en el capítulo 7)

$$\rho = \frac{1}{v_2} = \frac{1}{0,022} = 45,45 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0692}{15 * \pi * 45,45}} = 0,0114 \text{ m} = 11,4 \text{ mm}$$

Ya que este valor es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, se comprueba que el DI de la tubería es el correcto.

Diámetro exterior de la tubería de succión: DE = 7/8 in. De acuerdo a la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de DI de 19,9 mm.

Cálculo del DI de la tubería mediante la ecuación 36:

Datos:

$v_6 = 0,076 \text{ m}^3/\text{Kg}$ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice C)

$V = 20 \text{ m/s}$

$\dot{m} = 0,0692 \text{ Kg/s}$

$$\rho = \frac{1}{v_6} = \frac{1}{0,076} = 13,16 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0692}{20 * \pi * 13,16}} = 0,0183 \text{ m} = 18,3 \text{ mm}$$

Ya que este valor es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, se comprueba que el DI de la tubería es el correcto.

Diámetro exterior de la tubería de líquido: DE = 1/2 in. De acuerdo a la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de DI de 10,9 mm.

Cálculo del DI de la tubería mediante la ecuación 36:

Datos:

$v_3 = 0,00087 \text{ m}^3/\text{Kg}$ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice C)

$V = 0,82 \text{ m/s}$

$\dot{m} = 0,0692 \text{ Kg/s}$

$$\rho = \frac{1}{v_3} = \frac{1}{0,00087} = 1.149,42 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0692}{0,82 * \pi * 1.149,42}} = 0,0097 \text{ m} = 9,7 \text{ mm}$$

Ya que este valor es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, se comprueba que el DI de la tubería es el correcto.

c. Determinación del diámetro exterior e interior de las tuberías de las máquinas frigoríficas de las Cámaras de Conservación

Para las dos cámaras de conservación se tiene:

Datos:

$Q_{Evap.} = 4,11 \text{ KW}$

$T_{Evap.} = 2^\circ\text{C}$

$$T_{\text{Cond.}} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$V = 15 \text{ m/s (Tubería de descarga)}$$

$$V = 13 \text{ m/s (Tubería de succión)}$$

$$V = 0,5 \text{ m/s (Tubería de líquido)}$$

En base a estos datos y al diagrama del Apéndice H se obtienen los siguientes diámetros exteriores de las tuberías del sistema de refrigeración:

Diámetro exterior de la tubería de descarga: DE = 3/8 in. De acuerdo a la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de DI de 8 mm.

Cálculo del DI de la tubería mediante la ecuación 36:

Datos:

$v_2 = 0,022 \text{ m}^3/\text{Kg}$ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice D)

$$V = 15 \text{ m/s}$$

$\dot{m} = 98,2 \text{ Kg/hr} = 0,0273 \text{ Kg/s}$ (Valor obtenido de las características técnicas del compresor seleccionado para estas cámaras en el capítulo 7)

$$\rho = \frac{1}{v_2} = \frac{1}{0,022} = 45,45 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0273}{15 * \pi * 45,45}} = 0,00714 \text{ m} = 7,14 \text{ mm}$$

Ya que este valor es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, se comprueba que el DI de la tubería es el correcto.

Diámetro exterior de la tubería de succión: DE = 5/8 in. De acuerdo a la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de DI de 13,8 mm.

Cálculo del DI de la tubería mediante la ecuación 36:

Datos:

$v_6 = 0,068 \text{ m}^3/\text{Kg}$ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice D)

$V = 13 \text{ m/s}$

$\dot{m} = 0,0273 \text{ Kg/s}$

$$\rho = \frac{1}{v_6} = \frac{1}{0,068} = 14,71 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0273}{13 * \pi * 14,71}} = 0,0135 \text{ m} = 13,5 \text{ mm}$$

Ya que este valor es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, se comprueba que el DI de la tubería es el correcto.

Diámetro exterior de la tubería de líquido: DE = 3/8 in. De acuerdo a la Tabla 24 para este valor de DE le corresponde un valor de DI de 8 mm.

Cálculo del DI de la tubería mediante la ecuación 36:

Datos:

$v_3 = 0,00087 \text{ m}^3/\text{Kg}$ (Según el diagrama de Mollier del R-134a del Apéndice D)

$V = 0,5 \text{ m/s}$

$\dot{m} = 0,0273 \text{ Kg/s}$

$$\rho = \frac{1}{v_3} = \frac{1}{0,00087} = 1.149,42 \text{ Kg/m}^3$$

$$DI = \sqrt{\frac{4 * 0,0273}{0,5 * \pi * 1.149,42}} = 0,0078 \text{ m} = 7,8 \text{ mm}$$

Ya que este valor es muy cercano al valor del DI obtenido de la Tabla 24, se comprueba que el DI de la tubería es el correcto.

8.2.7.1.2. Cálculo de las caídas de presión en las tuberías

Las tuberías frigoríficas se dimensionan con un diámetro suficientemente pequeño para que dé la velocidad necesaria al refrigerante a través de la línea, pero por otro lado también se debe considerar que el diámetro de la tubería debe ser lo suficientemente grande para evitar la caída de presión excesivamente alta, ya que una caída de presión más grande que el valor recomendado causará trabajo innecesario al compresor e incrementará los costos de operación.

Para determinar las caídas de presión del refrigerante en las tuberías del sistema de refrigeración se va a utilizar el diagrama "Pressure drop in lines" del refrigerante R-134a del Apéndice I y la siguiente información: potencia frigorífica, temperatura de evaporación y de condensación, y los valores de los diámetros exteriores de las tuberías hallados anteriormente. Cada uno de estos datos se los ubica en el diagrama para determinar la caída de presión del refrigerante en las tuberías de la máquina frigorífica de cada cámara.

Para determinar la longitud equivalente de tuberías dobladas y de los distintos tipos de codos de tubería se emplean las siguientes tablas:

Tabla 25: Longitud equivalente de tuberías dobladas.

Equivalent length of pipe bends, valves, and filters	
Minor pressure losses in piping systems for pipe elbows, bends, filters and valves may be included by using the equivalent length (L_{eq}) of pipe method. Typical values for L_{eq} are given below.	
Equivalent length (L_{eq}) of pipe bends	
Bends	L_{eq}/D
180° (return) bend, $R = 5D$	28
90° bend, $R=5D$	16
90° bend, $R=1,5D$	20
90° square bend	57
45° bend, $R = 1,5 D$	16
Tee, flow straight through	20
Tee, flow through side outlet	65
D = internal pipe diameter	

Fuente: Delft University of Technology.

Tabla 26: Resistencia de acoplamientos expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D .

TIPO	Longitud equivalente en diámetros de tubería (L_e/D)
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26

Fuente: Mecánica de fluidos, Robert L. Mott

La relación de longitud equivalente (L_e/D) se considera constante para un tipo dado de válvula o acoplamiento. El valor de L_e se denomina longitud equivalente y el término D es el diámetro interior de la tubería.

a. Determinación de las caídas de presión en las tuberías de la máquina frigorífica de la Cámara de Paletizado

Datos:

$$Q_{Evapd.} = 9,72 \text{ KW}$$

$$T_{Evap.} = 5^\circ\text{C}$$

$$T_{Cond.} = 40^\circ\text{C}$$

DE = 5/8 in (Tubería de descarga)

DE = 7/8 in (Tubería de succión)

DE = 1/2 in (Tubería de líquido)

En base a estos datos y al diagrama del Apéndice I se obtienen las siguientes caídas de presión por metro de longitud en las tuberías del sistema de refrigeración:

Tubería de descarga: $\Delta P = 2,6 \text{ KPa/m}$

Tubería de succión: $\Delta P = 0,9 \text{ KPa/m}$

Tubería de líquido: $\Delta P = 0,38 \text{ KPa/m}$

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de descarga

$$\Delta P = 2,6 \text{ KPa/m}$$

$$DI = 13,8 \text{ mm} = 0,0138 \text{ m}$$

$L = 1,10$ m (Longitud de la tubería de descarga obtenida del plano 2)

No se va a utilizar codos en esta tubería, ya que se va a curvar o doblar la tubería para los cambios de dirección de la misma. La tubería se va a doblar 90° en 4 partes diferentes a lo largo de su trayectoria, tal como lo indica el plano 2.

De acuerdo a la Tabla 25 para una tubería doblada a 90° se tiene una relación de longitud equivalente de: $L_e/DI = 16$. La longitud equivalente de todos los dobleces de la tubería a 90° es: $L_{e-T} = 4 \times 16 \times 0,0138 = 0,9$ m, con lo cual se tiene una longitud equivalente total de la tubería de descarga de: $L_{TOTAL} = 1,10 + 0,9 = 2$ m.

La caída de presión en toda la tubería de descarga es: $2,6 \times 2 = 5,2$ KPa = $0,75$ psi. Ya que este valor es inferior a la máxima caída de presión que se puede admitir en la tubería de descarga (2 psi), se comprueba que el diseño de la tubería es el adecuado.

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de succión

$$\Delta P = 0,9 \text{ KPa/m}$$

$$DI = 19,9 \text{ mm} = 0,0199 \text{ m}$$

$L = 6,25$ m (Longitud de la tubería de succión obtenida del plano 2)

Para los cambios de dirección de esta tubería se van a utilizar 6 codos de 90° .

De acuerdo a la Tabla 26 para un codo estándar a 90° se tiene una relación de longitud equivalente de: $L_e/DI = 30$. La longitud equivalente de los 6 codos a 90° es: $L_{e-T} = 6 \times 30 \times 0,0199 = 3,6$ m.

La trampa tipo P (sifón) es un tramo de la tubería de succión que está doblado a 90° y 180° en forma de una P, tal como se aprecia en el plano 2. De acuerdo a la Tabla 25 para una tubería doblada a 90° y 180° le corresponde una relación de longitud equivalente de: $L_e/DI = 16$ y $L_e/DI = 28$ respectivamente, con lo cual la longitud equivalente del tramo de tubería doblado a 90° es: $L_e = 16 \times 0,0199 = 0,32$ m; y del tramo doblado a 180° es: $L_e = 28 \times 0,0199 = 0,56$ m. Por lo tanto la longitud equivalente total de la tubería de succión es: $L_{TOTAL} = 6,25 + 3,6 + 0,32 + 0,56 = 10,73$ m.

La caída de presión en toda la tubería de succión es: $0,9 \times 10,73 = 9,66$ KPa = 1,4 psi. Ya que este valor es inferior a la máxima caída de presión que se puede admitir en la tubería de succión (3 psi), se comprueba que el diseño de la tubería es el adecuado.

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de líquido

$$\Delta P = 0,38 \text{ KPa/m}$$

$$DI = 10,9 \text{ mm} = 0,0109 \text{ m}$$

$$L = 6,55 \text{ m (Longitud de la tubería de líquido obtenida del plano 2)}$$

Para los cambios de dirección de esta tubería se van a utilizar 6 codos de 90°.

De acuerdo a la Tabla 26 para un codo estándar a 90° se tiene una relación de longitud equivalente de: $L_e/DI = 30$. La longitud equivalente de los 6 codos a 90° es: $L_{e-T} = 6 \times 30 \times 0,0109 = 1,96$ m. Por lo tanto la longitud equivalente total de la tubería de líquido es: $L_{TOTAL} = 6,55 + 1,96 = 8,51$ m.

La caída de presión en toda la tubería de líquido es: $0,38 \times 8,51 = 3,23$ KPa = 0,47 psi. Ya que este valor es inferior a la máxima caída de presión que se puede admitir en la tubería de líquido (4 psi), se comprueba que el diseño de la tubería es el adecuado.

b. Determinación de las caídas de presión en las tuberías de la máquina frigorífica de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

$$Q_{Evapd.} = 11,8 \text{ KW}$$

$$T_{Evap.} = -1^\circ\text{C}$$

$$T_{Cond.} = 40^\circ\text{C}$$

DE = 5/8 in (Tubería de descarga)

DE = 7/8 in (Tubería de succión)

DE = 1/2 in (Tubería de líquido)

En base a estos datos y al diagrama del Apéndice J se obtienen las siguientes caídas de presión por metro de longitud en las tuberías del sistema de refrigeración:

Tubería de descarga: $\Delta P = 4 \text{ KPa/m}$

Tubería de succión: $\Delta P = 1,6 \text{ KPa/m}$

Tubería de líquido: $\Delta P = 0,52 \text{ KPa/m}$

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de descarga

$\Delta P = 4 \text{ KPa/m}$

DI = 13,8 mm = 0,0138 m

L = 1,10 m (Longitud de la tubería de descarga obtenida del plano 3)

La tubería se va a doblar 90° en 4 partes diferentes a lo largo de su trayectoria, tal como lo indica el plano 3.

Longitud equivalente total de la tubería de descarga: $L_{\text{TOTAL}} = 2 \text{ m}$, ya que esta tubería tiene el mismo número de dobleces e iguales dimensiones que la tubería de descarga de la cámara de paletizado.

La caída de presión en toda la tubería de descarga es: $4 \times 2 = 8 \text{ KPa} = 1,2 \text{ psi} < 2 \text{ psi}$, por lo tanto el diseño de la tubería es el adecuado.

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de succión

$\Delta P = 1,6 \text{ KPa/m}$

DI = 19,9 mm = 0,0199 m

$L = 5,55$ m (Longitud de la tubería de succión obtenida del plano 3)

Para los cambios de dirección de esta tubería se van a utilizar 6 codos de 90° .

La longitud equivalente de los 6 codos a 90° es: $L_{e-T} = 3,6$ m; y la longitud equivalente de los tramos de la trampa tipo P doblados a 90° y 180° es: $L_e = 0,88$ m; ya que esta tubería tiene el mismo DI, igual número de codos a 90° , y las mismas dimensiones de la trampa tipo P que la tubería de succión de la cámara de paletizado. Por lo tanto la longitud equivalente total de la tubería de succión es: $L_{TOTAL} = 5,55 + 3,6 + 0,88 = 10,03$ m.

La caída de presión en toda la tubería de succión es: $1,6 \times 10,03 = 16,05$ KPa = $2,33$ psi < 3 psi, por lo tanto el diseño de la tubería es el adecuado.

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de líquido

$$\Delta P = 0,52 \text{ KPa/m}$$

$$DI = 10,9 \text{ mm} = 0,0109 \text{ m}$$

$L = 5,85$ m (Longitud de la tubería de líquido obtenida del plano 3)

Para los cambios de dirección de esta tubería se van a utilizar 6 codos de 90° .

De acuerdo a la Tabla 26 para un codo estándar a 90° se tiene: $L_e/DI = 30$. La longitud equivalente de los 6 codos a 90° es: $L_{e-T} = 6 \times 30 \times$

0,0109 = 1,96 m. Por lo tanto la Longitud equivalente total de la tubería de líquido es: $L_{TOTAL} = 5,85 + 1,96 = 7,81$ m.

La caída de presión en toda la tubería de líquido es: $0,52 \times 7,81 = 4,1$ KPa = 0,59 psi < 4 psi, por lo tanto el diseño de la tubería es el adecuado.

c. Determinación de las caídas de presión en las tuberías de las máquinas frigoríficas de las Cámaras de Conservación

Para las dos cámaras se tiene:

Datos:

$$Q_{Evapd.} = 4,11 \text{ KW}$$

$$T_{Evap.} = 2^{\circ}\text{C}$$

$$T_{Cond.} = 40^{\circ}\text{C}$$

DE = 3/8 in (Tubería de descarga)

DE = 5/8 in (Tubería de succión)

DE = 3/8 in (Tubería de líquido)

En base a estos datos y al diagrama del Apéndice K se obtienen las siguientes caídas de presión por metro de longitud en las tuberías del sistema de refrigeración:

Tubería de descarga: $\Delta P = 7,8$ KPa/m

Tubería de succión: $\Delta P = 1,2$ KPa/m

Tubería de líquido: $\Delta P = 0,35$ KPa/m

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de descarga

$$\Delta P = 7,8 \text{ KPa/m}$$

$$DI = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$$

$L = 1,10 \text{ m}$ (Longitud de la tubería de descarga obtenida del plano 3)

La tubería se va a doblar 90° en 4 partes diferentes a lo largo de su trayectoria, tal como lo indica el plano 3.

De acuerdo a la Tabla 25 para una tubería doblada a 90° se tiene: $L_e/DI = 16$. La longitud equivalente de todos los dobleces de la tubería a 90° es: $L_{e-T} = 4 \times 16 \times 0,008 = 0,51 \text{ m}$, con lo cual se tiene una longitud equivalente total de la tubería de descarga de: $L_{TOTAL} = 1,10 + 0,51 = 1,61 \text{ m}$.

La caída de presión en toda la tubería de descarga es: $7,8 \times 1,61 = 12,6 \text{ KPa} = 1,83 \text{ psi} < 2 \text{ psi}$, por lo tanto el diseño de la tubería es el adecuado.

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de succión

$$\Delta P = 1,2 \text{ KPa/m}$$

$$DI = 13,8 \text{ mm} = 0,0138 \text{ m}$$

$L = 5,55 \text{ m}$ (Longitud de la tubería de succión obtenida del plano 3)

Para los cambios de dirección de esta tubería se van a utilizar 6 codos de 90° .

De acuerdo a la Tabla 26 para un codo estándar a 90° se tiene: $L_e/DI = 30$. La longitud equivalente de los 6 codos a 90° es: $L_{e-T} = 6 \times 30 \times 0,0138 = 2,5$ m.

Trampa tipo P: De acuerdo a la Tabla 25 para una tubería doblada a 90° y 180° se tiene: $L_e/DI = 16$ y $L_e/DI = 28$ respectivamente, con lo cual la longitud equivalente de los tramos de la trampa tipo P doblados a 90° y 180° es: $L_e = (16 \times 0,0138) + (28 \times 0,0138) = 0,61$ m. Por lo tanto la longitud equivalente total de la tubería de succión es: $L_{TOTAL} = 5,55 + 2,5 + 0,61 = 8,7$ m.

La caída de presión en toda la tubería de succión es: $1,2 \times 8,7 = 10,4$ KPa = 1,51 psi < 3 psi, por lo tanto el diseño de la tubería es el adecuado.

Cálculo de la caída de presión en toda la tubería de líquido

$$\Delta P = 0,35 \text{ KPa/m}$$

$$DI = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$$

$$L = 5,85 \text{ m (Longitud de la tubería de líquido obtenida del plano 3)}$$

Para los cambios de dirección de esta tubería se van a utilizar 6 codos de 90° .

De acuerdo a la Tabla 26 para un codo estándar a 90° se tiene: $L_e/DI = 30$. La longitud equivalente de los 6 codos a 90° es: $L_{e-T} = 6 \times 30 \times 0,008$

= 1,4 m. Por lo tanto la Longitud equivalente total de la tubería de líquido es: $L_{TOTAL} = 5,85 + 1,4 = 7,25$ m.

La caída de presión en toda la tubería de líquido es: $0,35 \times 7,25 = 2,54$ KPa = 0,37 psi < 4 psi, por lo tanto el diseño de la tubería es el adecuado.

8.2.7.2. Dimensionamiento del aislamiento para las tuberías

El objetivo del aislamiento en las tuberías frigoríficas es el de evitar las pérdidas de eficiencia en el funcionamiento del sistema de refrigeración, y a la vez el de disminuir los costos operativos.

Las propiedades que deben reunir los materiales aislantes usados en tuberías son las mismas que aquellas citadas en el capítulo 3 sobre aislamientos.

Los materiales aislantes usados en tuberías son:

- Corcho aglomerado expandido puro.
- Poliestireno expandido.
- Espuma fenólica.
- Espuma rígida de poliuretano.
- Armaflex (nombre comercial dado a un tipo de elastómero de estructura celular flexible).

La estructura del aislamiento usado en estas tuberías viene dada en las siguientes formas:

- En forma de casquillos (para tuberías de menor diámetro).
- En forma de duelas (para tuberías de mayor diámetro).
- En forma de tubo (solamente en el caso de Armaflex).

La aplicación del aislamiento depende del tramo de tubería a considerar. Anteriormente ya se mencionó que la tubería frigorífica según su ubicación en el sistema de refrigeración se divide en tubería de descarga, de líquido y de succión; por lo tanto las recomendaciones para la aplicación del aislamiento en dichos tramos de tubería es la siguiente:

Tubería de gas caliente o de descarga: Este tramo de tubería no requiere de aislamiento.

Tubería de líquido: Este tramo de tubería no necesita aislarse cuando la temperatura ambiente es inferior o igual a la temperatura del líquido refrigerante desde que sale del condensador hasta el momento en que llega a la válvula de expansión.

Tubería de succión: Este tramo de tubería si requiere aislarse por los siguientes motivos:

- Para evitar que se produzcan condensaciones de la humedad del aire del medio ambiente donde va instalada la tubería, lo cual produciría un goteo permanente hacia el piso. Además, en tuberías que circula el refrigerante a muy baja temperatura se formaría escarcha.
- Para evitar el recalentamiento adicional del vapor refrigerante proveniente del evaporador, ya que esto acarrearía una disminución de la capacidad frigorífica del evaporador, aumento de la potencia consumida por el compresor, y elevadas temperaturas de descarga.

Selección del material del aislamiento para las tuberías de las máquinas frigoríficas de las cámaras

El material que se va a utilizar para el aislamiento de las tuberías de los sistemas de refrigeración de todas las cámaras es el Armaflex que es el nombre comercial que se le da a la espuma elastomérica a base de caucho sintético flexible.

Cálculo del espesor mínimo del aislamiento térmico para las tuberías de las máquinas frigoríficas de las cámaras

Para el cálculo del espesor mínimo del aislamiento de las tuberías se va a optar por el procedimiento simplificado establecido por la normativa del RITE

(Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios), el cual se detalla a continuación:

Procedimiento Simplificado:

- Los espesores mínimos del aislamiento térmico, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red, y para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m.K) deben ser los indicados en las siguientes tablas:

Tabla 27: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos.

Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos (mm)			
Diámetro exterior de la Tubería (mm)	Temperatura del fluido (°C)		
	> - 10 a 0	> 0 - 10	> 10
DE ≤ 35	30	20	20
35 < DE ≤ 60	40	30	20
60 < DE ≤ 90	40	30	30
90 < DE ≤ 140	50	40	30
140 < DE	50	40	30

Tabla 28: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes.

Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes (mm)			
Diámetro exterior de la Tubería (mm)	Temperatura del fluido (°C)		
	40 - 60	> 60 - 100	> 100 - 180
DE ≤ 35	25	25	30
35 < DE ≤ 60	30	30	40
60 < DE ≤ 90	30	30	40
90 < DE ≤ 140	30	40	50

- Los espesores mínimos del aislamiento térmico de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.
- Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a $\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W/(m.K)}$ a 10 °C , se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando la siguiente ecuación:

Para superficies de sección circular:

$$\text{Ecuación 37: } d = \frac{D}{2} * \left\{ EXP \left[\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} * \ln \left(\frac{D + 2 * d_{ref}}{D} \right) \right] - 1 \right\}$$

Dónde:

λ_{ref} : Conductividad térmica de referencia, igual a $0,04 \text{ W/(m.K)}$ a 10 °C .

λ : Conductividad térmica del material empleado, en W/(m.K) .

d_{ref} : Espesor mínimo de referencia, en mm.

d : Espesor mínimo del material empleado, en mm.

D : Diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm.

EXP : Significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis.

Evaluación de la necesidad de aislamiento para las tuberías de las máquinas frigoríficas de las cámaras

Tubería de descarga: Como ya se mencionó anteriormente este tramo de tubería no requiere de aislamiento.

Tubería de líquido: Este tramo de tubería no necesita aislamiento debido a que la temperatura ambiente máxima de Santo domingo de los Tsáchilas es inferior a la temperatura del líquido refrigerante desde que sale del condensador a 40°C hasta el momento en que llega a la válvula de expansión a 35°C.

Tubería de succión: Este tramo de tubería necesariamente requiere de aislamiento.

Cabe recalcar que el techo del galpón donde van a estar ubicadas las cámaras frigoríficas va a proteger a las unidades condensadoras, y por ende a las tuberías del sistema, de la incidencia directa de los rayos solares.

a. Cálculo del espesor mínimo del aislamiento térmico para la tubería de succión de la máquina frigorífica de la Cámara de Paletizado

Datos:

$$D = DE = 7/8 \text{ in} = 22,23 \text{ mm}$$

$\lambda = 0,037 \text{ W/m.K}$ (Valor de la conductividad térmica del aislamiento Armaflex XG obtenido del catálogo de la empresa Armacell del Anexo 8)

$$\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W/m.K}$$

En la tubería de succión la temperatura del vapor refrigerante cuando sale del evaporador es de 5°C, y cuando entra al compresor es de 10°C, por lo tanto su temperatura promedio es de 7,5°C.

Con estos dos valores de temperatura promedio del refrigerante y diámetro exterior de la tubería se ingresa a la Tabla 27 y se determina que el valor del espesor mínimo de referencia es: $d_{ref} = 20$ mm.

Reemplazando todos estos valores en la ecuación 37 se obtiene el espesor mínimo del aislamiento de la tubería de succión, el cual es:

$$d = \frac{22,23}{2} * \left\{ EXP \left[\frac{0,037}{0,04} * \ln \left(\frac{22,23 + 2 * 20}{22,23} \right) \right] - 1 \right\} = 17,7 \text{ mm}$$

Con este valor de espesor y en base al diámetro exterior de la línea de succión y al catálogo del aislamiento Armaflex XG de la empresa Armacell del Anexo 8 se selecciona la coquilla Armaflex XG-19X022 de 19 mm de espesor.

b. Cálculo del espesor mínimo del aislamiento térmico para la tubería de succión de la máquina frigorífica de la Cámara de Pre-enfriamiento

Datos:

$$D = DE = 7/8 \text{ in} = 22,23 \text{ mm}$$

$$\lambda = 0,037 \text{ W/m.K (Valor obtenido del catálogo del Anexo 8)}$$

$$\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W/m.K}$$

En la tubería de succión la temperatura del vapor refrigerante cuando sale del evaporador es de -1°C , y cuando entra al compresor es de 4°C , por lo tanto su temperatura promedio es de $1,5^{\circ}\text{C}$. De acuerdo a la Tabla 27 con este valor y el DE de la tubería se tiene: $d_{ref} = 20$ mm.

Mediante la ecuación 37 se tiene:

$$d = \frac{22,23}{2} * \left\{ EXP \left[\frac{0,037}{0,04} * \ln \left(\frac{22,23 + 2 * 20}{22,23} \right) \right] - 1 \right\} = 17,7 \text{ mm}$$

De acuerdo al catálogo del Anexo 8 con este valor y el DE de la tubería se selecciona la coquilla Armaflex XG-19X022 de 19 mm de espesor.

c. Cálculo del espesor mínimo del aislamiento térmico para las tuberías de succión de las máquinas frigoríficas de las Cámaras de Conservación

Para las dos cámaras de conservación se tiene:

Datos:

$$D = DE = 5/8 \text{ in} = 15,88 \text{ mm}$$

$$\lambda = 0,037 \text{ W/m.K (Valor obtenido del catálogo del Anexo 8)}$$

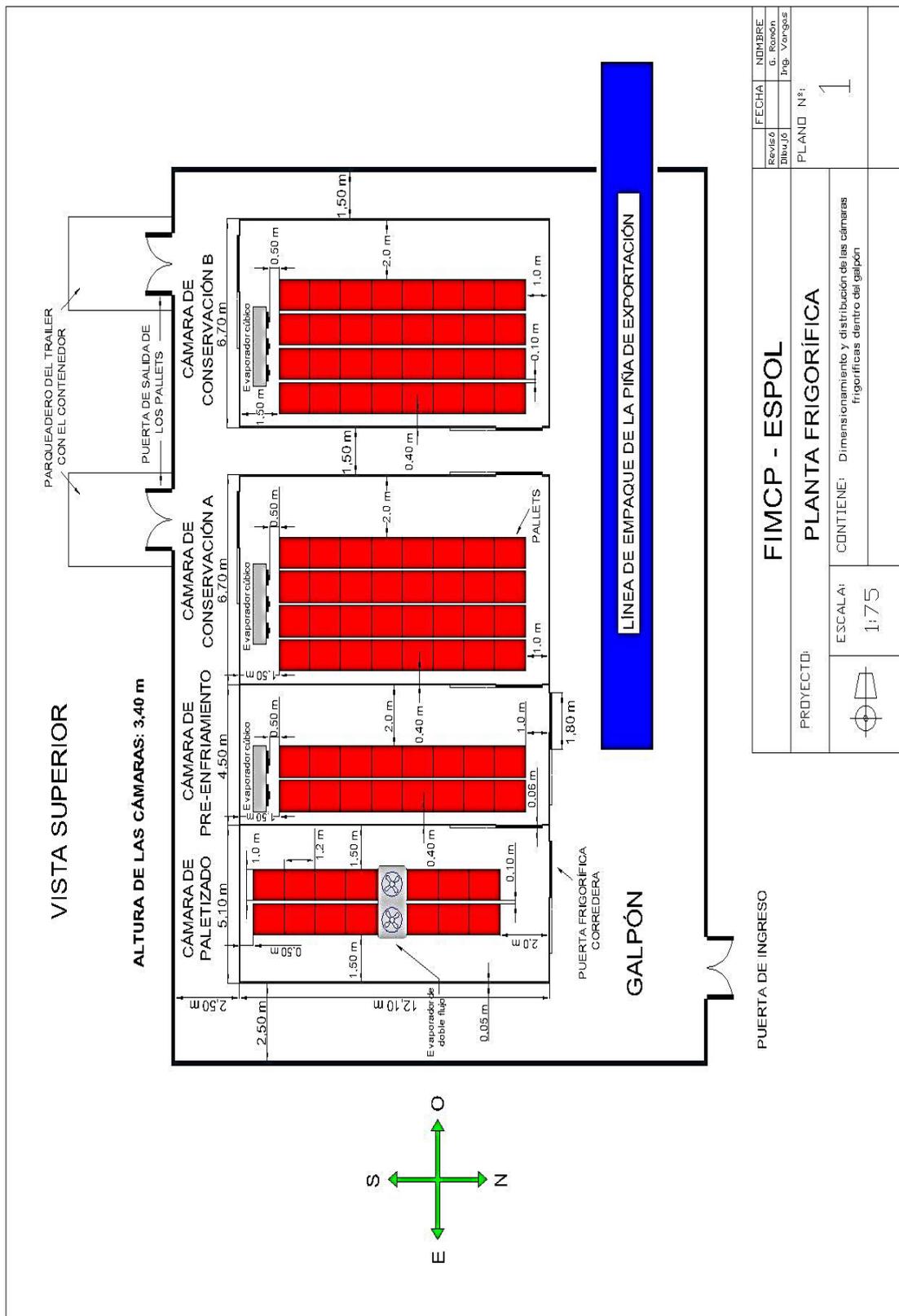
$$\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W/m.K}$$

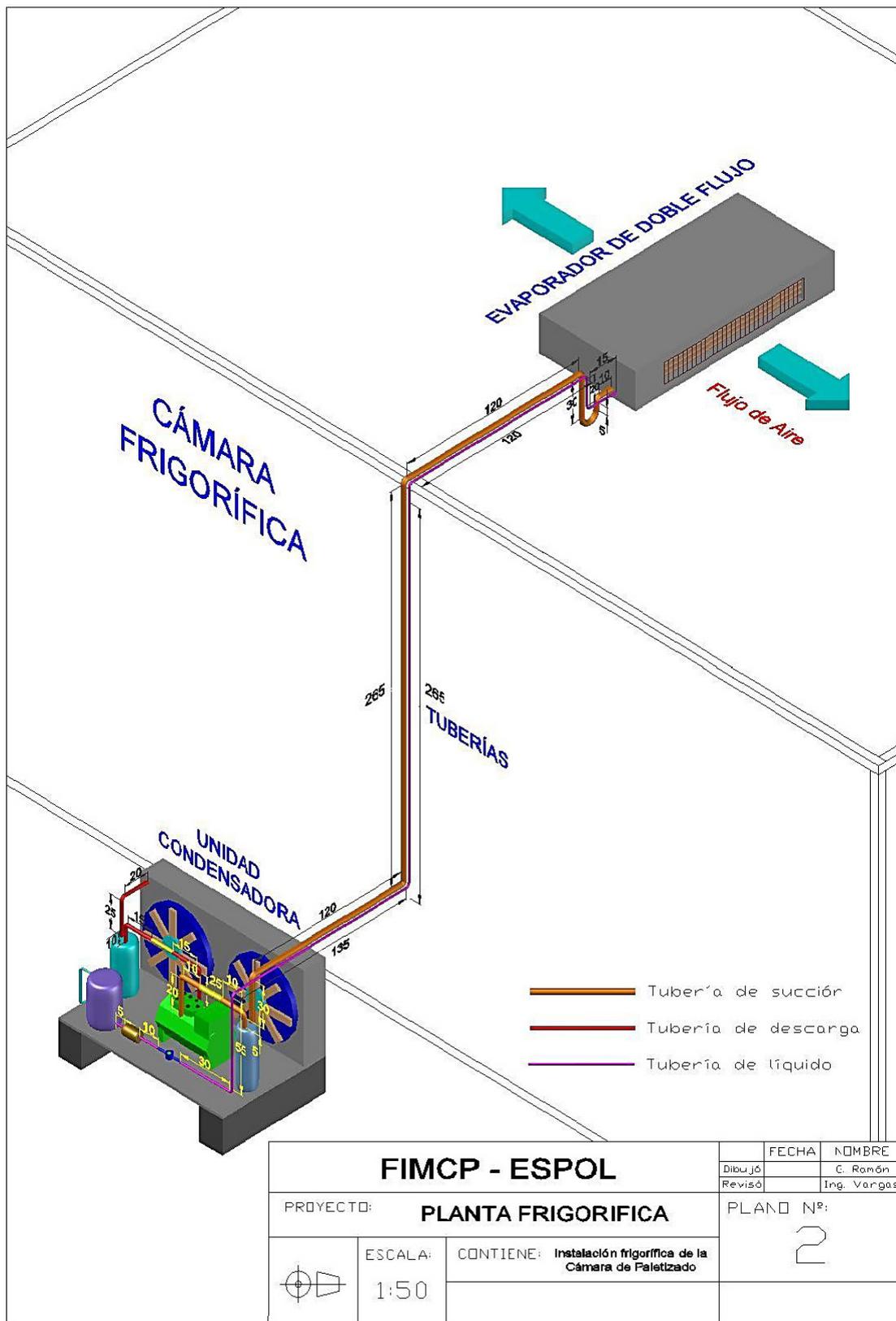
En la tubería de succión la temperatura del vapor refrigerante cuando sale del evaporador es de 2°C, y cuando entra al compresor es de 7°C, por lo tanto su temperatura promedio es de 4,5°C. De acuerdo a la Tabla 27 con este valor y el DE de la tubería se tiene: $d_{ref} = 20 \text{ mm}$.

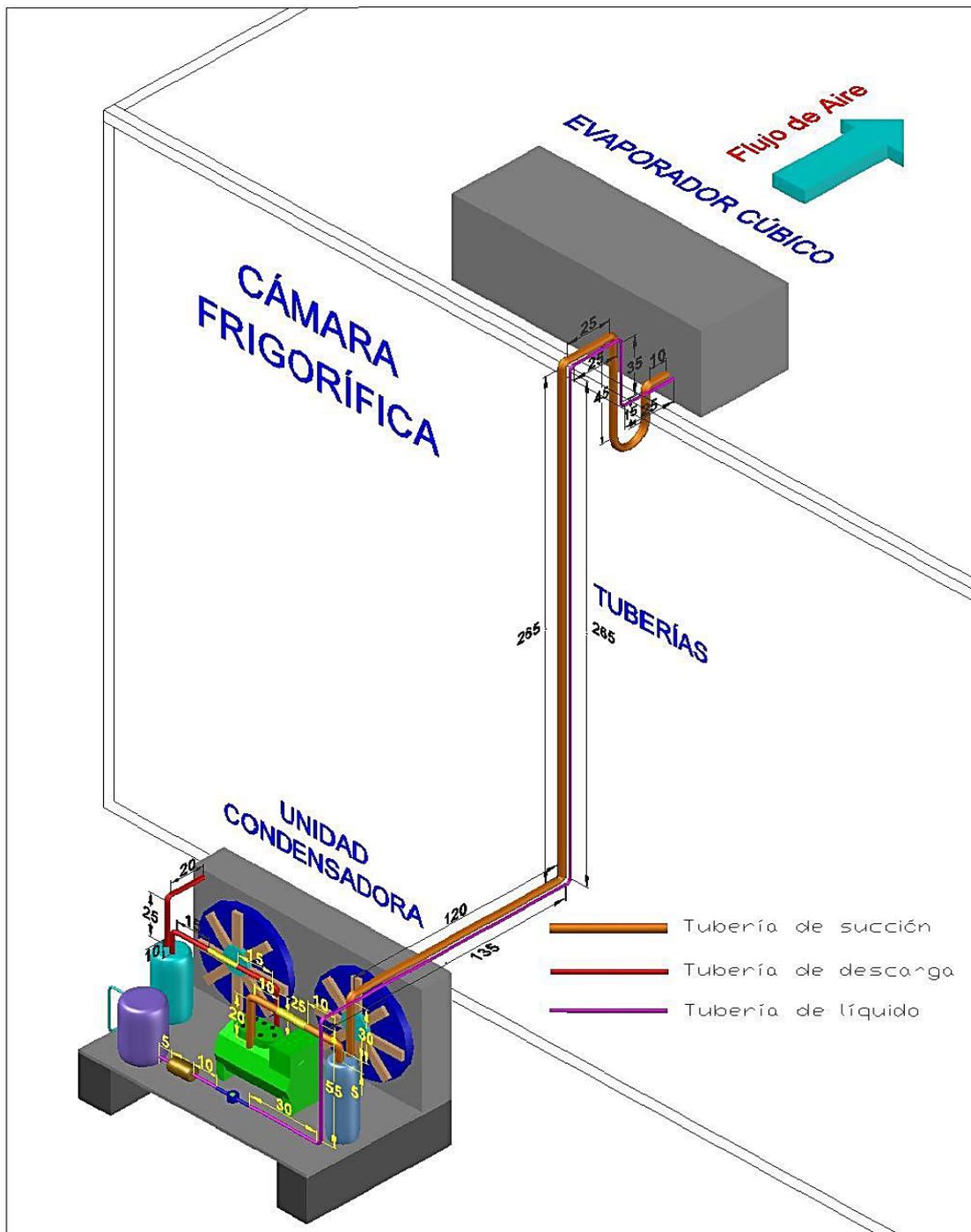
Mediante la ecuación 37 se tiene:

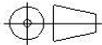
$$d = \frac{15,88}{2} * \left\{ EXP \left[\frac{0,037}{0,04} * \ln \left(\frac{15,88 + 2 * 20}{15,88} \right) \right] - 1 \right\} = 17,5 \text{ mm}$$

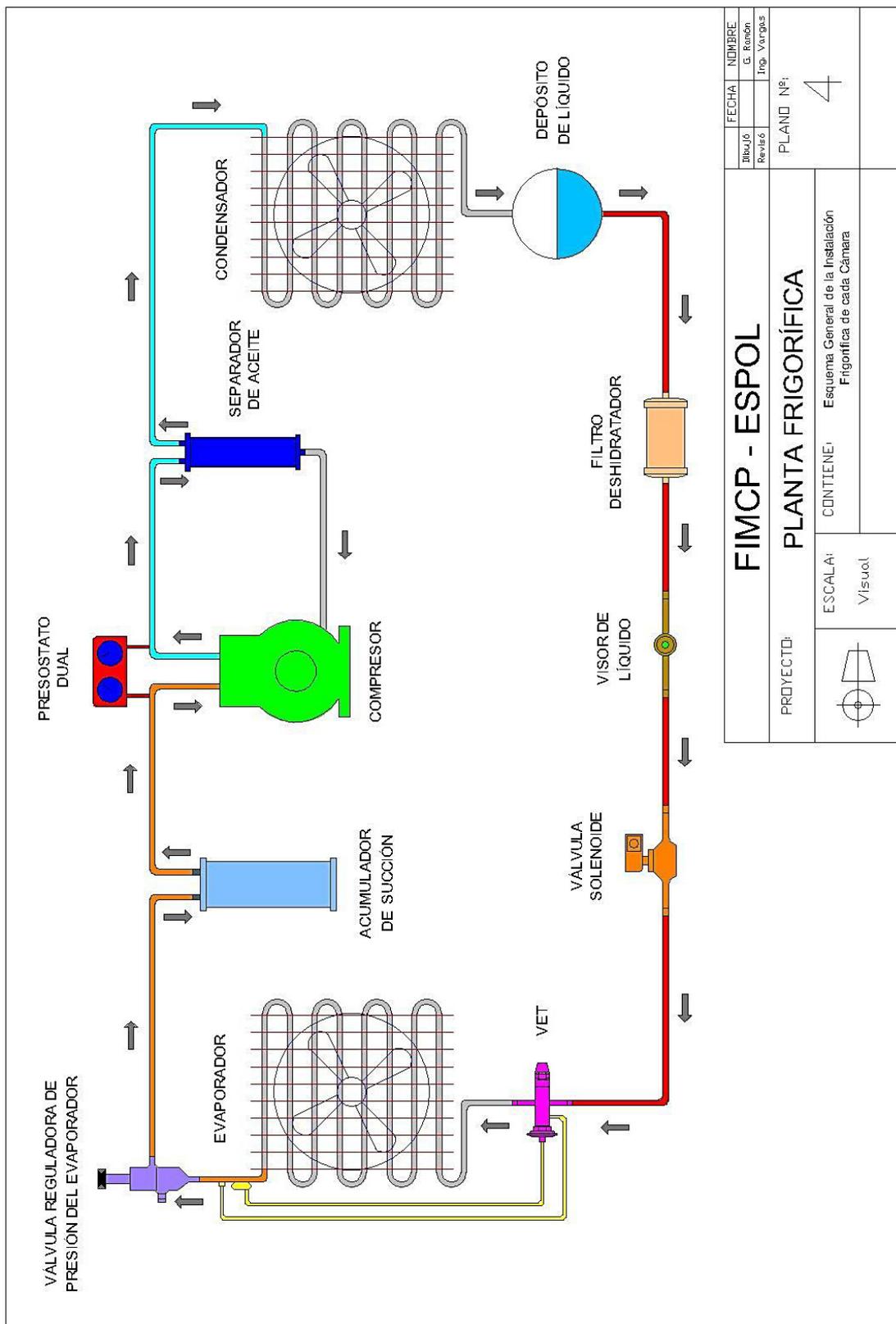
De acuerdo al catálogo del Anexo 8 con este valor y el DE de la tubería se selecciona la coquilla Armaflex XG-19X015 de 19 mm de espesor.







FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
		Dibujó	C. Rondón
PROYECTO: PLANTA FRIGORÍFICA		Revisó	Jng. Vorgos
	ESCALA 1:50	CONTIENE: Instalación frigorífica de las Cámaras de Pre-enfriamiento y Conservación	
		PLANO Nº: 3	



CAPITULO 9

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

1. Según las estadísticas de exportación de piña ecuatoriana que se analizaron en el capítulo 1 el diseño de la planta frigorífica tratado en esta tesis es factible, ya que la piña conjuntamente con el mango son las frutas no tradicionales que más exporta el Ecuador, además es uno de los países más fuertes y consolidados en exportación de piña a nivel mundial.
2. El sistema de refrigeración que se seleccionó para todas las cámaras es el de expansión directa, ya que se va a utilizar en el circuito frigorífico de las mismas el refrigerante primario R-134a.
3. El ciclo de refrigeración que se seleccionó para todas las cámaras es el de una etapa de compresión mecánica, ya que las relaciones de compresión de los compresores de las máquinas frigoríficas calculadas en el capítulo 6 son menores a 10.

4. Los coeficientes de performance (COP) de los sistemas de refrigeración de las cámaras de paletizado, pre-enfriamiento, conservación A, y conservación B son 5,8, 3,82, y 4,64 y 4,71 respectivamente, siendo el sistema de refrigeración de la cámara de paletizado el más eficiente ya que su COP es el más alto, cuyo valor indica que 5,8 KW de calor se extraen del espacio refrigerado por cada KW de trabajo suministrado al compresor
5. Las tuberías frigoríficas de los sistemas de refrigeración de las cámaras se dimensionaron en base a las velocidades recomendadas del refrigerante en las tuberías y a la máxima caída de presión del refrigerante dentro de las mismas.
6. Los equipos y dispositivos de control automático y anexos de la instalación frigorífica de cada cámara se los seleccionó en base a sus parámetros de funcionamiento, al refrigerante utilizado en el sistema (R-134a), y a las recomendaciones de aplicación y fórmulas de selección dadas por los fabricantes en sus catálogos, con lo cual se pudo calcular la capacidad adecuada de los equipos y los dispositivos para después seleccionarlos correctamente en sus respectivos catálogos
7. De las tres tuberías del sistema de refrigeración de cada cámara solamente se aisló la tubería de succión, tanto el tramo de tubería que está dentro como el que está afuera de la cámara, con la

finalidad de evitar el recalentamiento adicional del vapor refrigerante proveniente del evaporador, ya que esto acarrearía una disminución de la capacidad frigorífica del evaporador, aumento de la potencia consumida por el compresor, y elevadas temperaturas de descarga.

8. Se utilizó eliminadores o amortiguadores de vibración en las tuberías de succión y de descarga de cada máquina frigorífica, ya que la vibración en estas tuberías se produce cuando son tuberías rígidas y van conectadas a un compresor reciprocante, debido a las pulsaciones del flujo del gas refrigerante que se originan al abrir y cerrar las válvulas de este compresor, también esta vibración es causada por la turbulencia en el gas refrigerante debido a la alta velocidad del mismo.
9. Debido a que los evaporadores de las cámaras frigoríficas están localizados a una altura mayor que el compresor todas las tuberías de succión de las máquinas frigoríficas deben llevar una trampa tipo P (sifón) inmediatamente después del bulbo de la válvula de expansión, con la finalidad de que el refrigerante líquido no drene por gravedad desde el evaporador hasta el compresor durante el ciclo de paro del compresor.

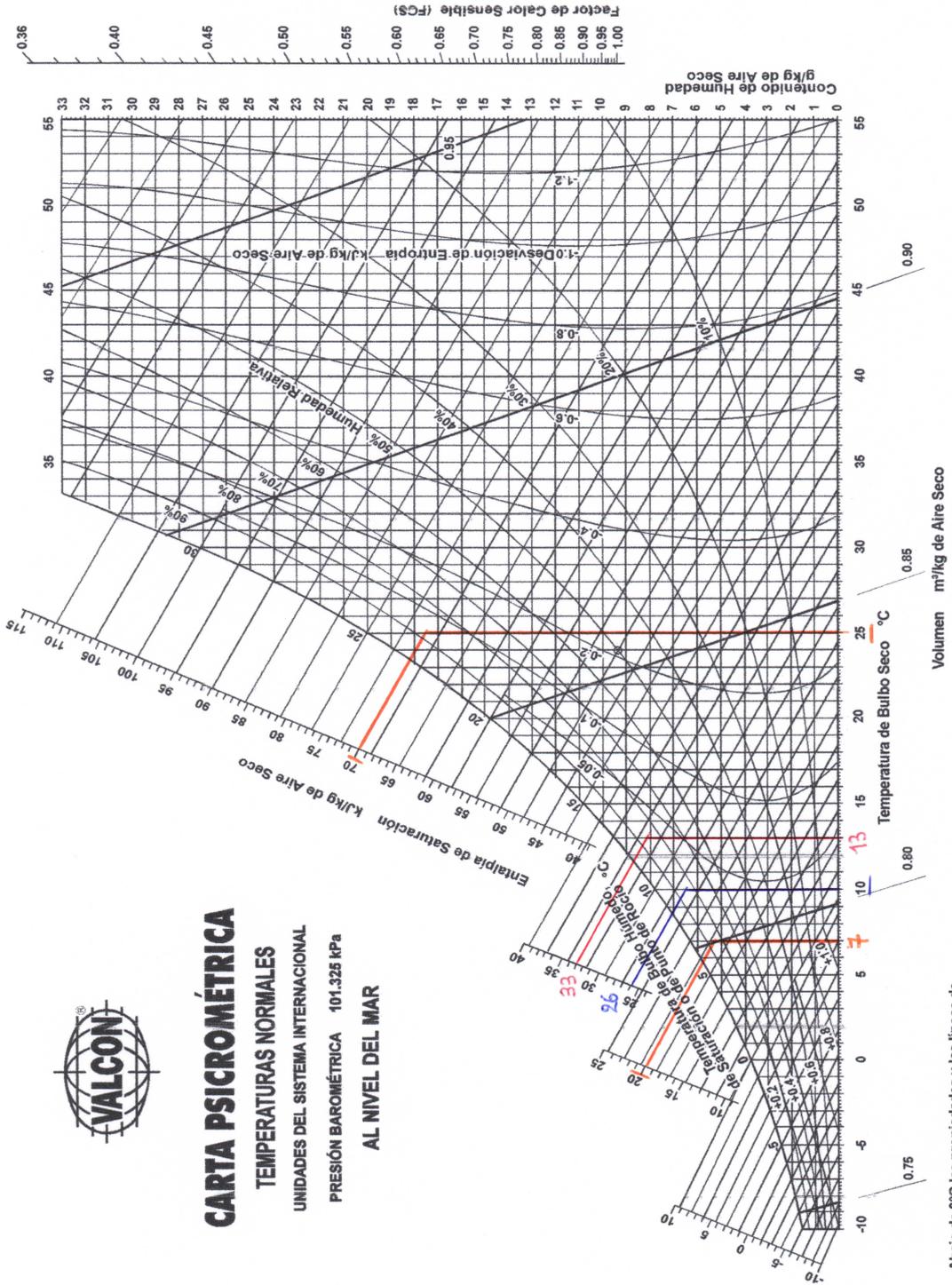
9.2. RECOMENDACIONES

1. Se debe programar la detección de fugas de refrigerante para poder controlar que la instalación frigorífica pierda refrigerante y evitar que disminuya la capacidad de refrigeración en las cámaras.
2. Se debe verificar periódicamente que los dispositivos de control automático y anexos se encuentren siempre en condiciones operativas para que la instalación frigorífica funcione adecuadamente y de esta manera garantizar que la piña almacenada en las cámaras no se deteriore su calidad por alterarse su temperatura de refrigeración.
3. Hay que tener mucha precaución al momento de realizar la instalación de la máquina frigorífica o al efectuar un servicio de mantenimiento en la misma para evitar que entre aire al sistema de refrigeración. Por otro lado al momento de cargar el refrigerante al sistema, cuando este no es de la calidad necesaria o no se ha manejado apropiadamente, se pueden introducir junto con él contaminantes como humedad, aire y otros gases no condensables, siendo la humedad el contaminante más peligroso para los sistemas de refrigeración ya que puede formar ácidos con el refrigerante o con el aceite, bloquear la válvula de expansión termostática por la formación de hielo en la misma, y provocar quemadura del motocompresor.

APÉNDICES

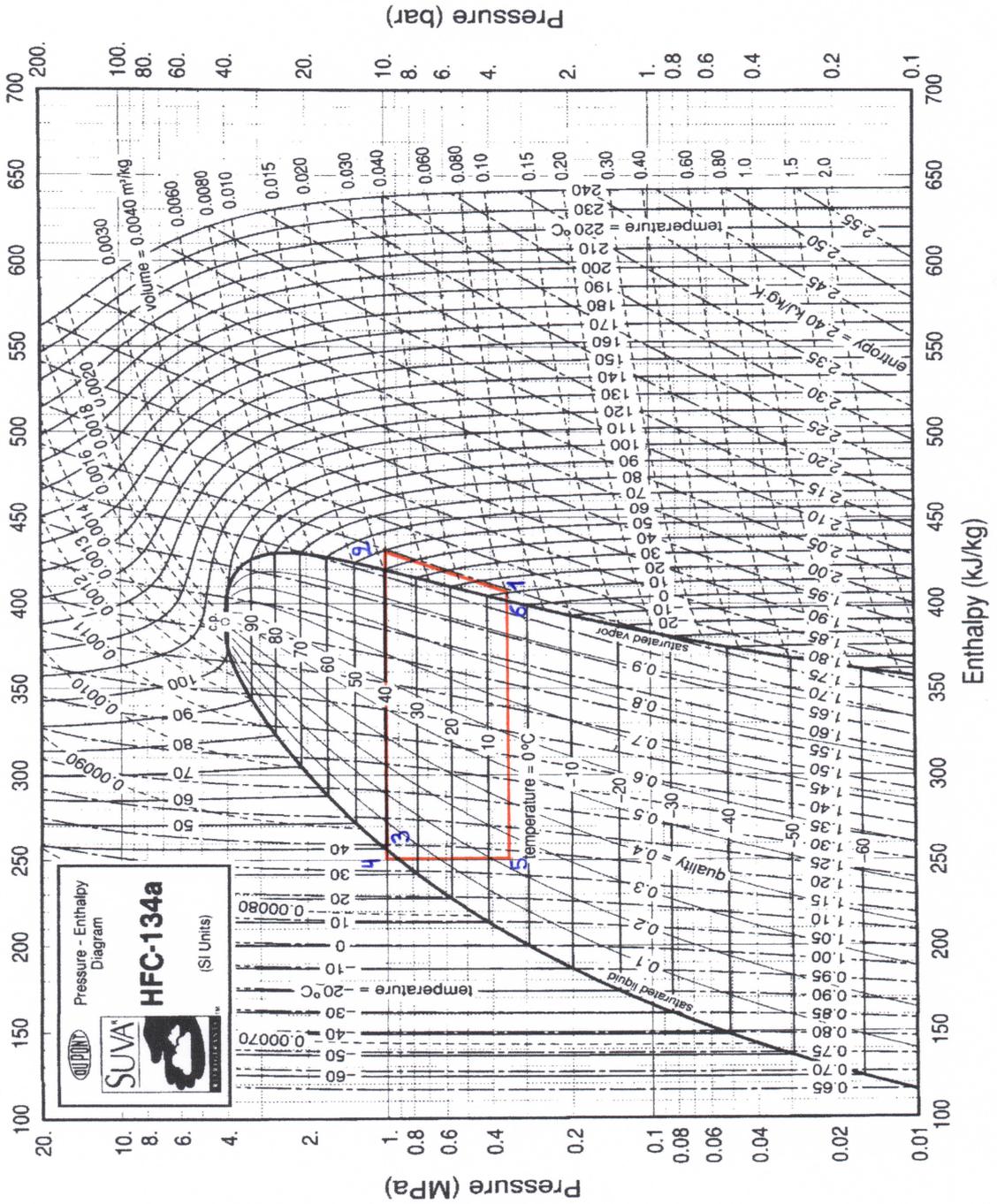
APÉNDICE A

CARTA PSICROMÉTRICA



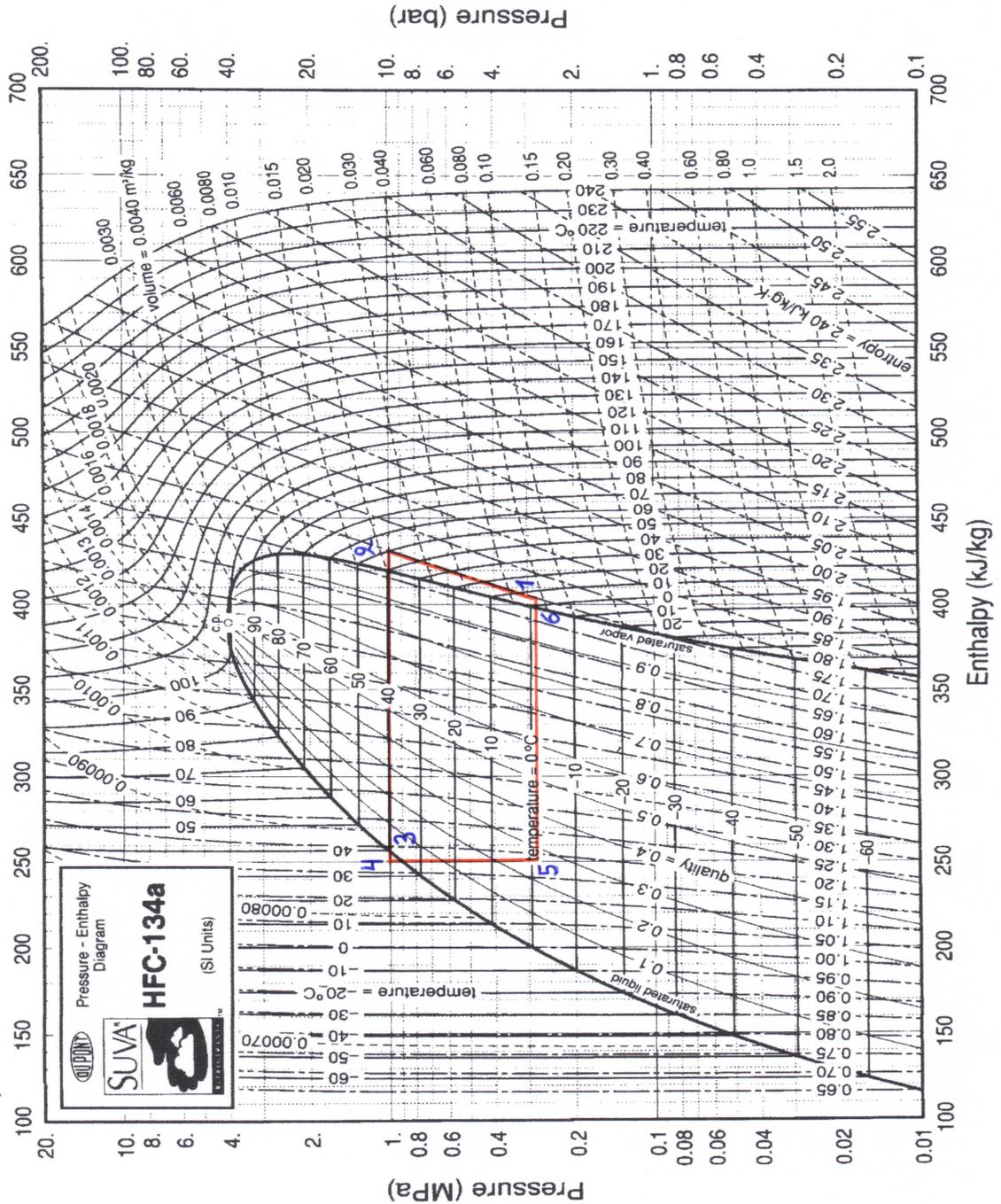
APÉNDICE B

TRAZADO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN DE LA MÁQUINA FRIGORÍFICA DE LA CÁMARA DE PALETIZADO



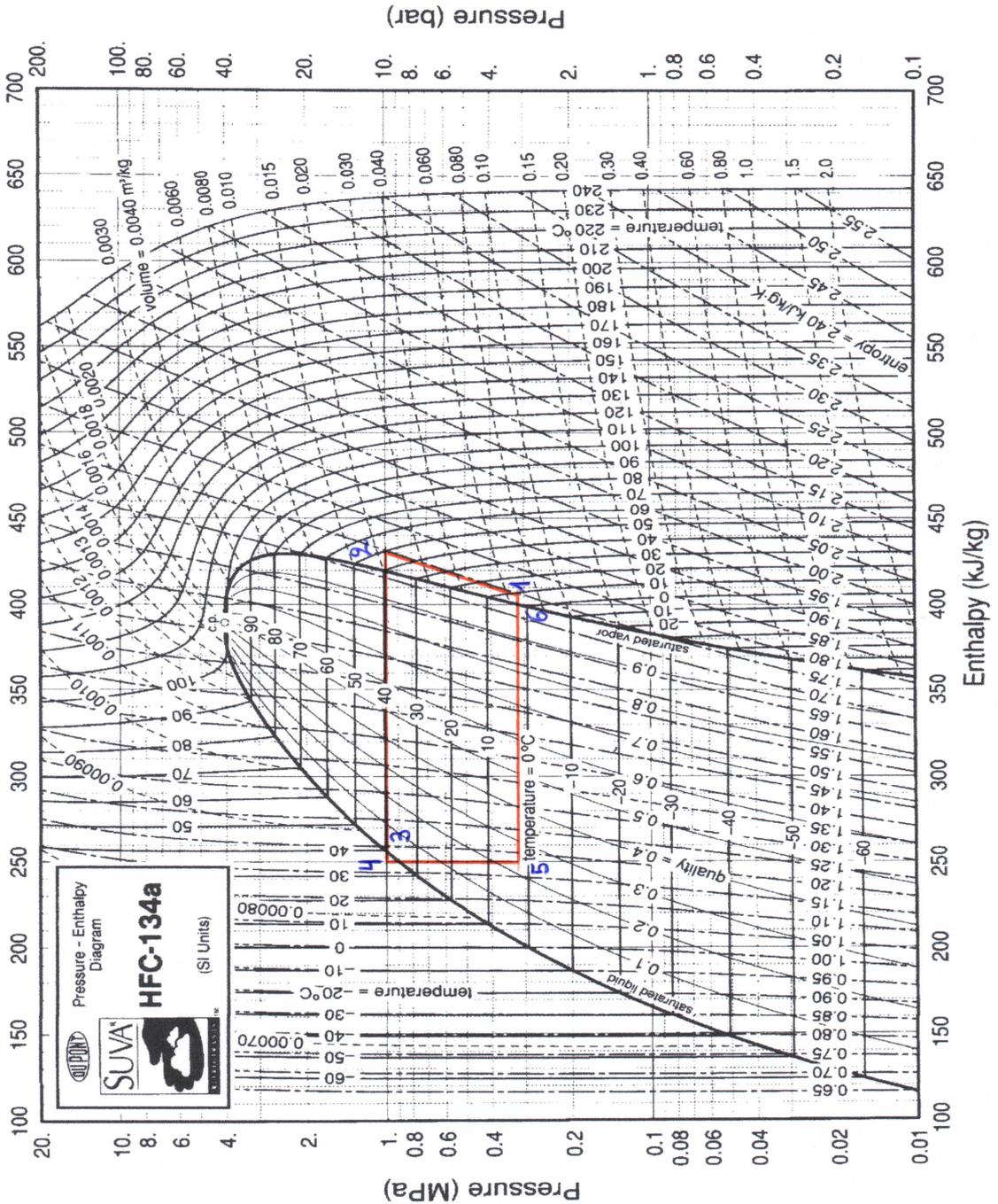
APÉNDICE C

TRAZADO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN DE LA MÁQUINA FRIGORÍFICA DE LA CÁMARA DE PRE-ENFRIAMIENTO



APÉNDICE D

TRAZADO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS DE LAS CÁMARAS DE CONSERVACIÓN

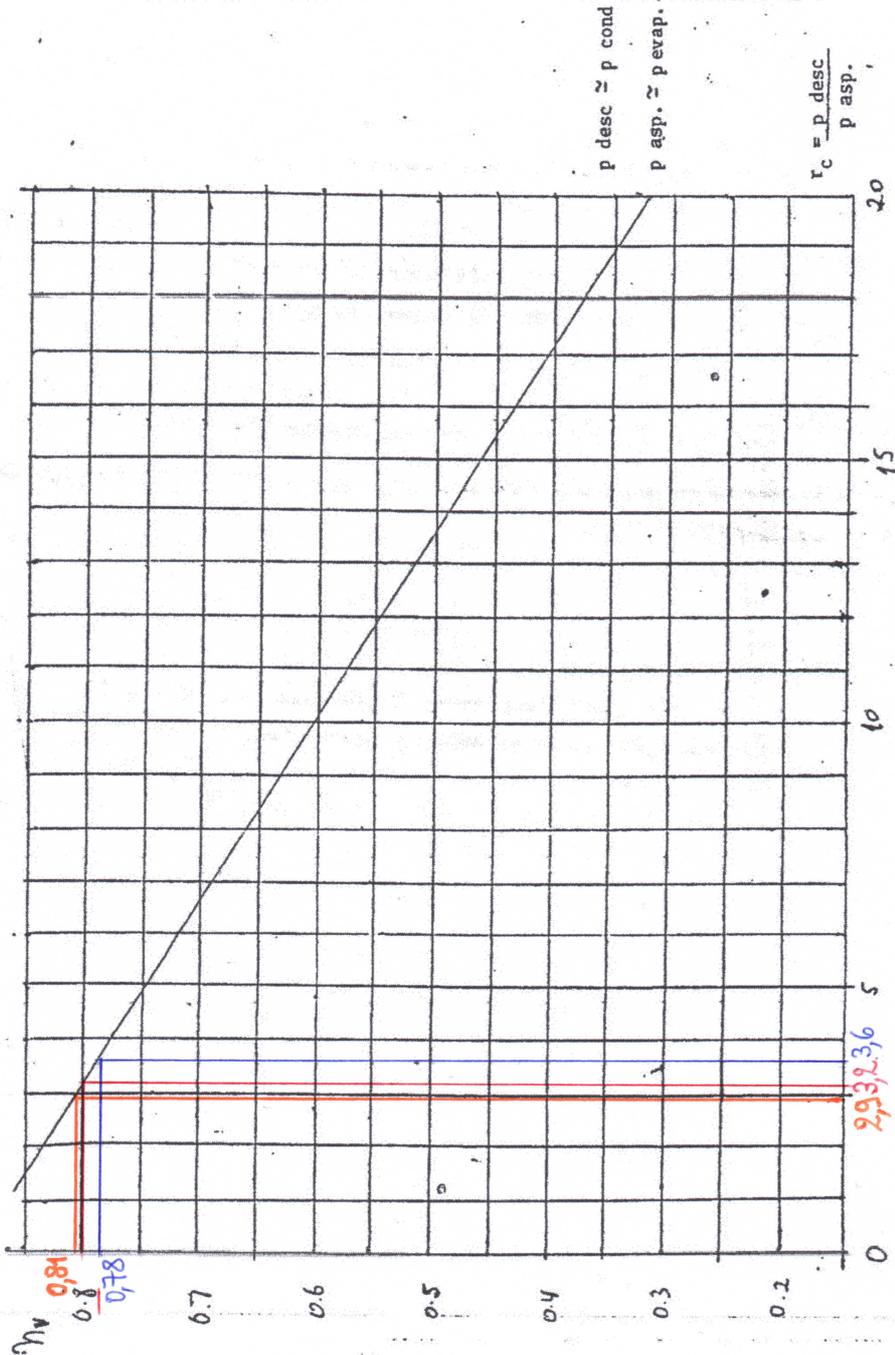


APÉNDICE E

CURVA DE RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO VS RELACIÓN DE COMPRESIÓN

CURVA DE RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO VS RELACION (TASA) DE COMPRESION

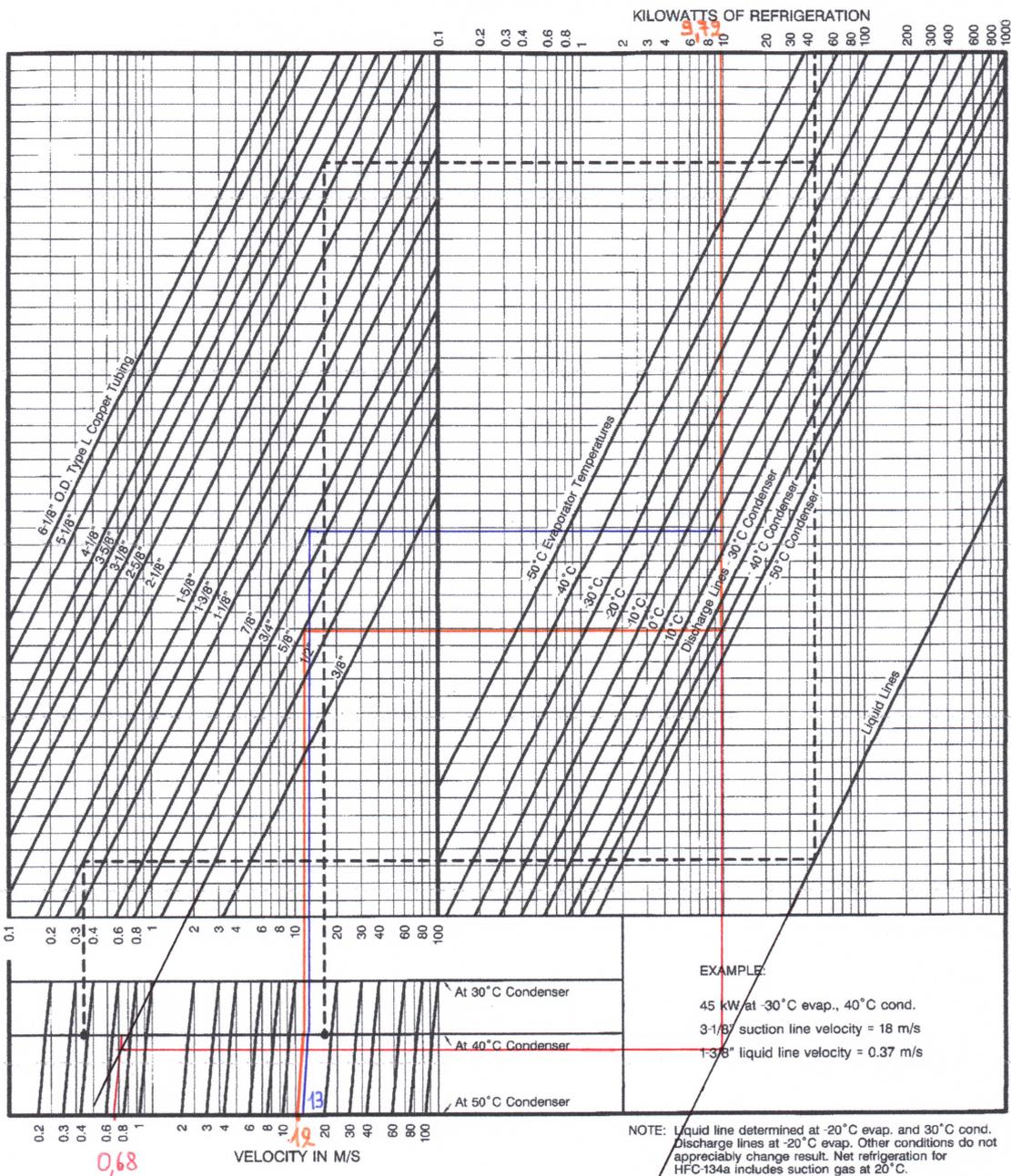
Nota: Se asume que esta curva es válida para todos los compresores y fluidos refrigerantes considerados:



APÉNDICE F

DIAGRAMA "VELOCITY IN LINES" DEL REFRIGERANTE R-134a PARA LA CÁMARA DE PALETIZADO

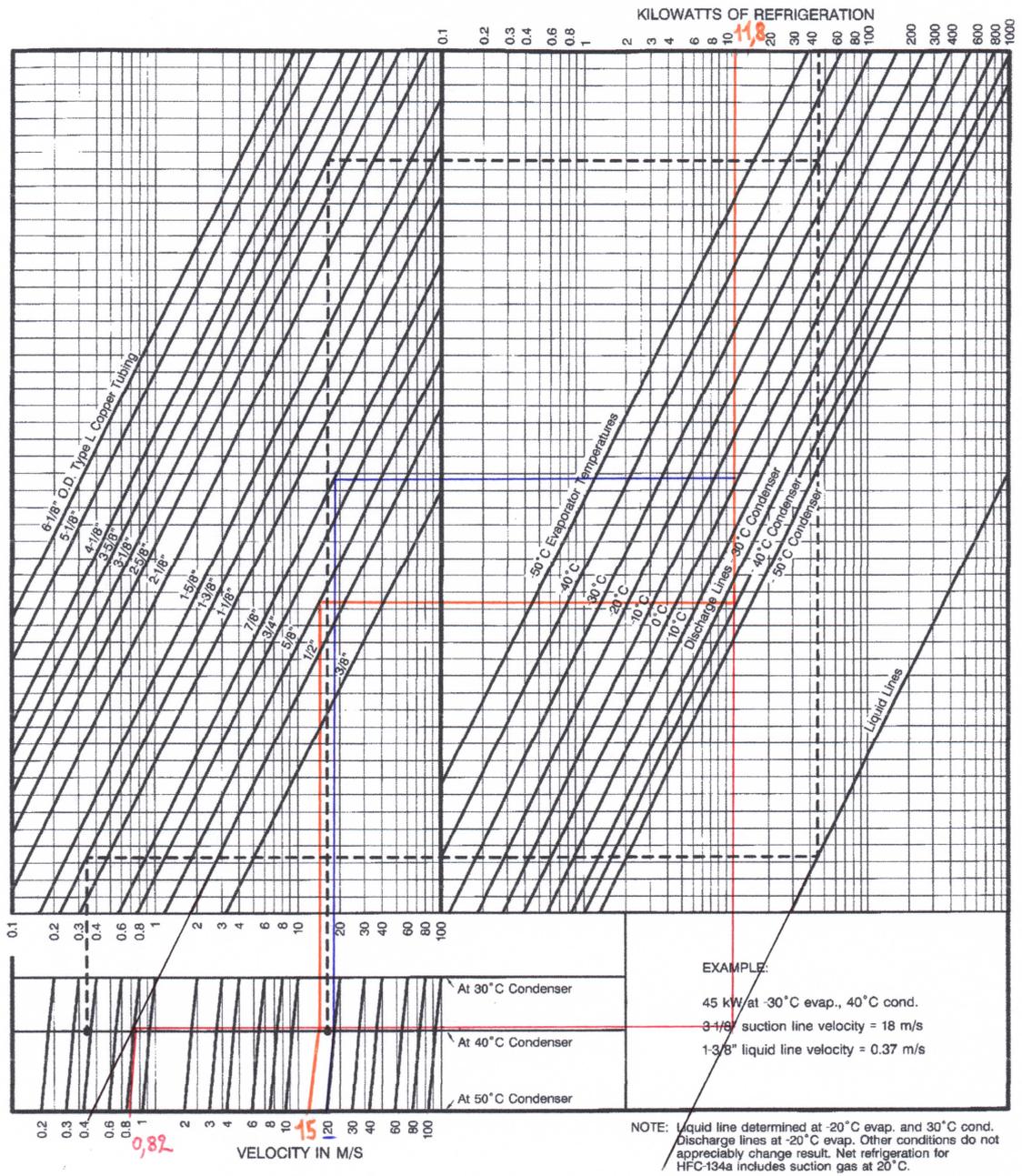
HFC-134a REFRIGERANT VELOCITY IN LINES (20°C Evap. Outlet)



APÉNDICE G

DIAGRAMA "VELOCITY IN LINES" DEL REFRIGERANTE R-134a PARA LA CÁMARA DE PRE-ENFRIAMIENTO

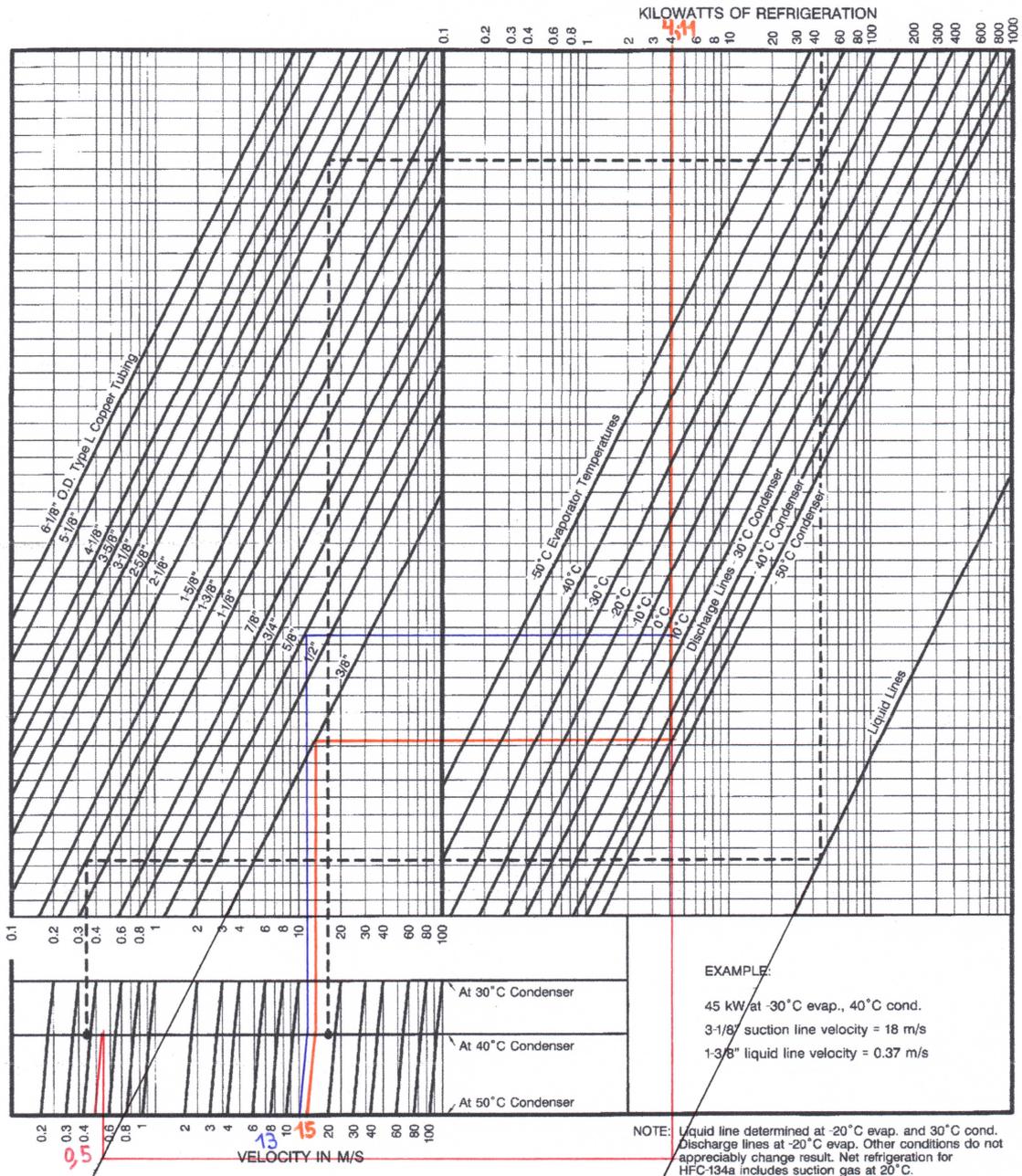
HFC-134a REFRIGERANT VELOCITY IN LINES (20°C Evap. Outlet)



APÉNDICE H

DIAGRAMA "VELOCITY IN LINES" DEL REFRIGERANTE R-134a PARA LAS CÁMARAS DE CONSERVACIÓN

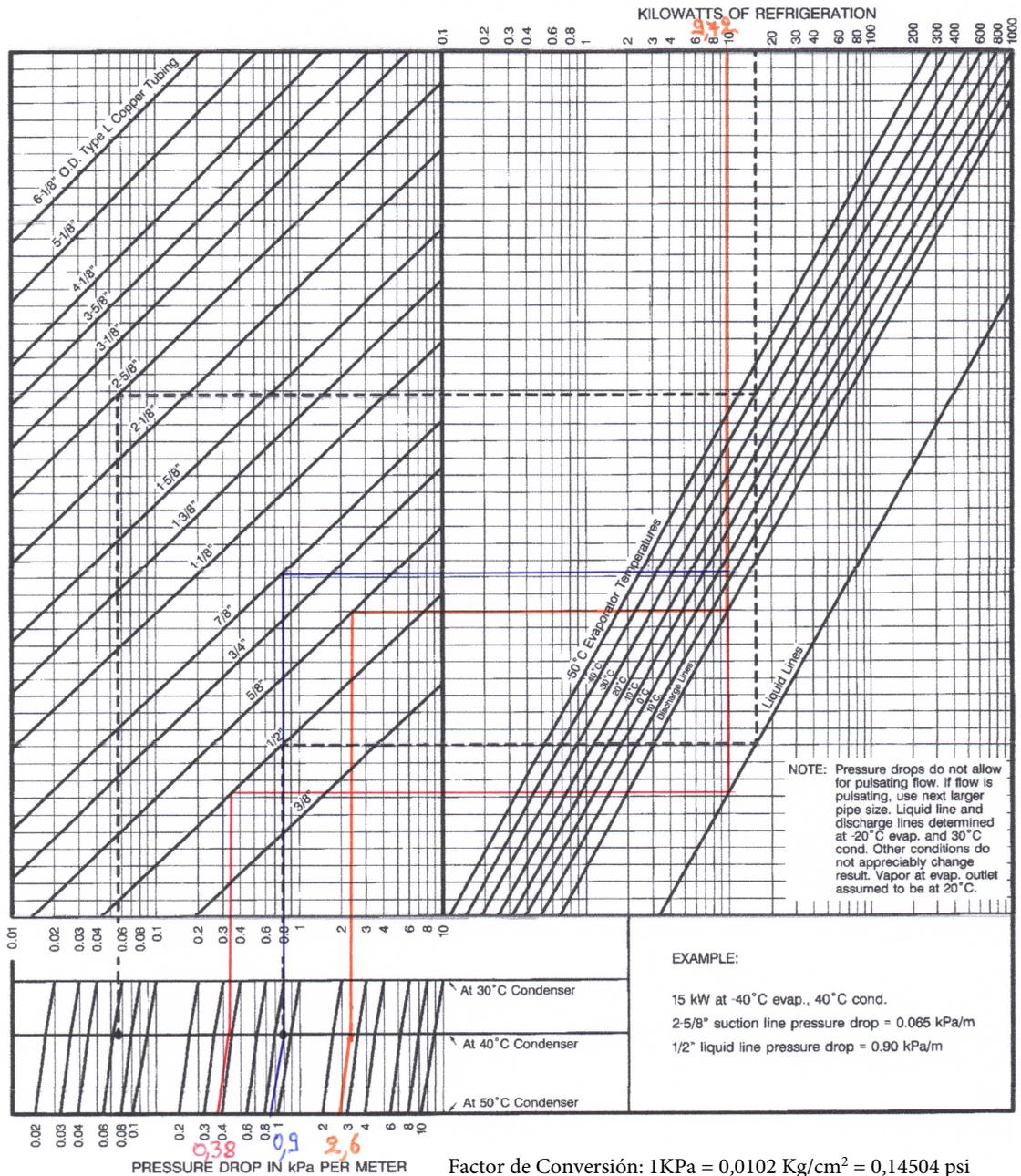
HFC-134a REFRIGERANT VELOCITY IN LINES (20°C Evap. Outlet)



APÉNDICE I

DIAGRAMA "PRESSURE DROP IN LINES" DEL REFRIGERANTE R-134a PARA LA CÁMARA DE PALETIZADO

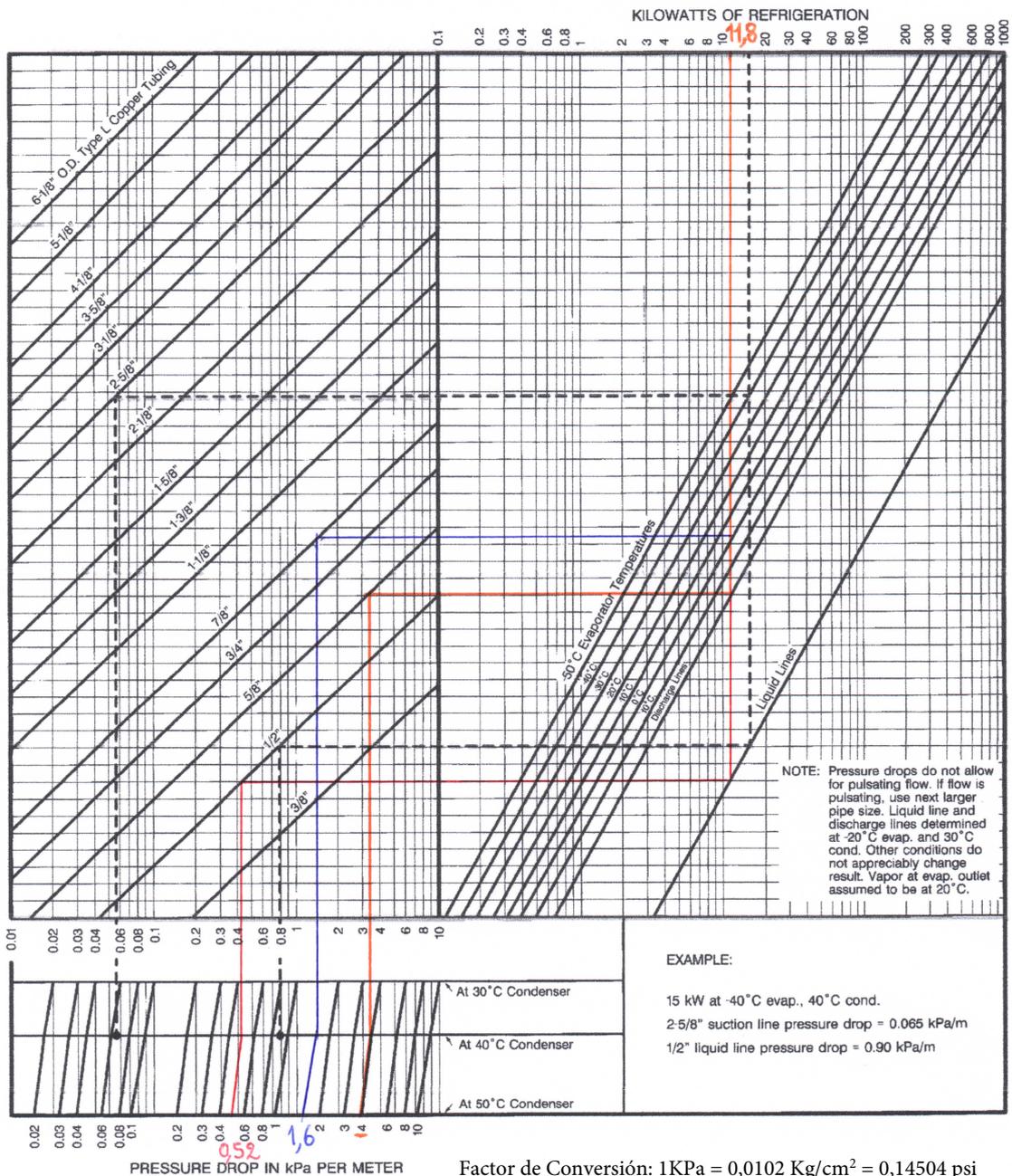
HFC-134a REFRIGERANT PRESSURE DROP IN LINES (20°C Evap. Outlet)



APÉNDICE J

DIAGRAMA "PRESSURE DROP IN LINES" DEL REFRIGERANTE R-134a PARA LA CÁMARA DE PRE-ENFRIAMIENTO

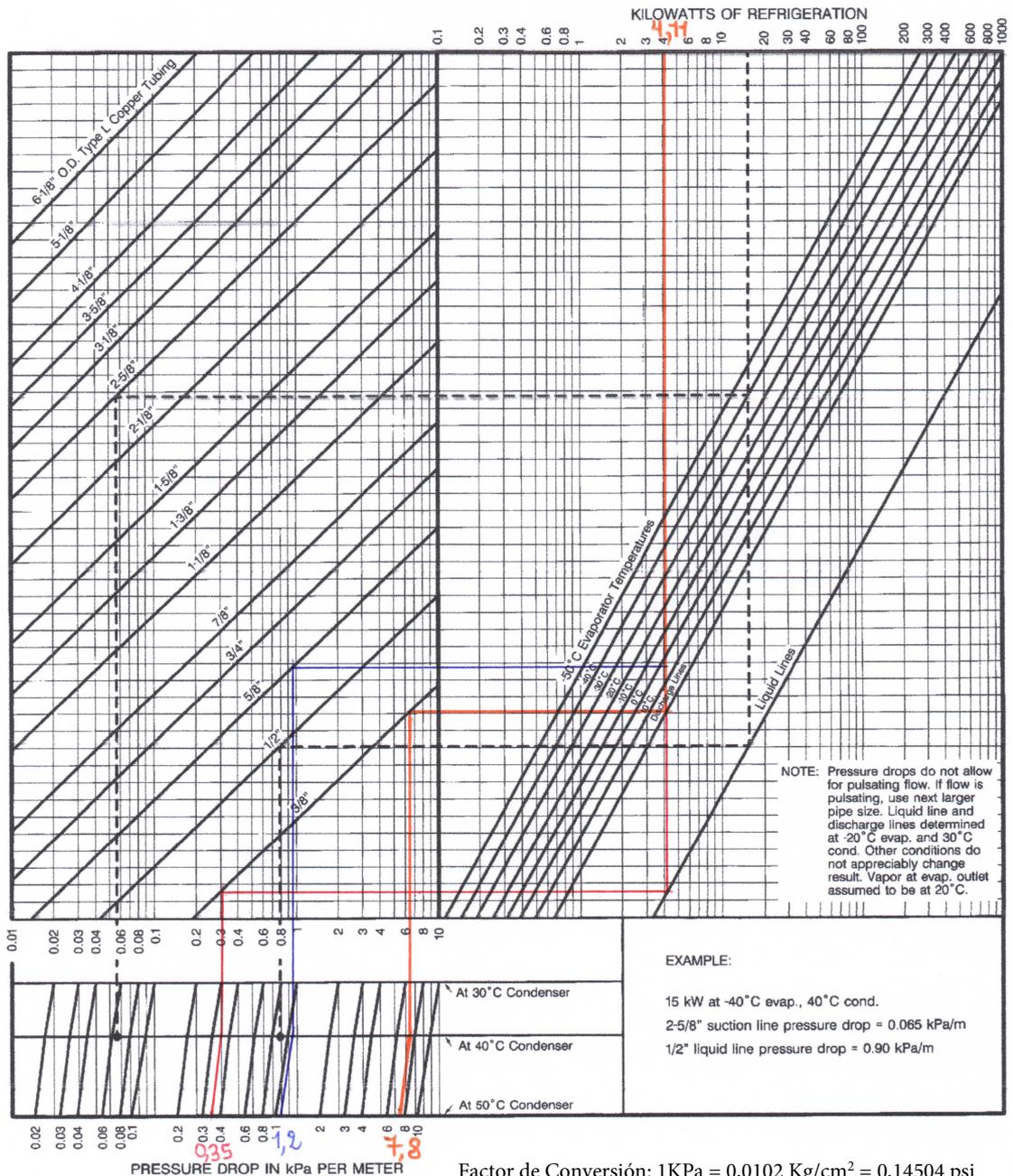
HFC-134a REFRIGERANT PRESSURE DROP IN LINES (20°C Evap. Outlet)



APÉNDICE K

DIAGRAMA "PRESSURE DROP IN LINES" DEL REFRIGERANTE R-134a PARA LAS CÁMARAS DE CONSERVACIÓN

HFC-134a REFRIGERANT PRESSURE DROP IN LINES (20°C Evap. Outlet)



ANEXOS

ANEXO 1

ESPUMAS RÍGIDAS DE POLIURETANO SIN RECUBRIMIENTO

Poliuretano Rígido

El poliuretano rígido es el material aislante térmico más eficiente y duradero. Su baja conductividad térmica conferida por su estructura celular cerrada y su innovadora tecnología de fabricación lo han puesto a la cabeza de los productos que colaboran en el ahorro de energía a través del aislamiento térmico.

Es el material aislante por excelencia en múltiples aplicaciones industriales y sin duda es el producto más utilizado en el aislamiento de los edificios industriales y residenciales por su eficiencia energética.

Espuma de Poliuretano (PUR) sin recubrimiento. Para el aislamiento de cámaras frigoríficas, isoterms, construcción, industrias...etc.



PROPIEDADES DE LAS ESPUMAS RÍGIDAS DE POLIURETANO:

· Elevado poder aislante a pesar de utilizar espesores reducidos · Aplicación posible en un elevado margen de temperaturas · Peso reducido · Transformación simple y económica · Propiedades mecánicas elevadas · Óptima resistencia al envejecimiento · Estabilidad química y biológica · Posibilidad de ajustar la resistencia a la compresión y a la flexión · Ausencia de goteo en caso de incendio

Densidades: de 35, 40, 55, 70 y 100 kg/m³.

Medidas: 2000 x 1000 x espesor / 2500 x 1000 x espesor / 2850 x 1000 x espesor.

Características

tipo III densidad nominal 40 Kg/M³

Espesor m/m	40	40	40	100
Ancho m/m	1000	1000	1000	1000
Largo	2000	2000	2000	2000
Coef. de conductividad térmica W/(m.K)	0,0258	0,0258	0,0258	0,0258
Coef. de transmisión de calor (K) W/(M ² .K)	0,65	0,65	0,65	0,26
Resistencia térmica (R) M ² .K/W	1,55	1,55	1,55	3,88
Resistencia a la compresión Kpa	268	268	268	268
Clasificación al fuego. Euroclase	F	F	F	F

ANEXO 2

PANELES FRIGORÍFICOS ISOPUR

Isopur	
Dibujo Técnico	
Espesores (mm)	50 80 100 120 150
Peso (kg/m ²)	10 11,2 12,0 12,8 14,0
Ancho útil	1150 mm
Largos variables	Desde 2,5 m hasta 12 m, según espesor de panel.
Densidad poliuretano	40 Kg/m ³ .
Terminación	Prepintado. Amplia gama de colores.
Usos	Refrigeración, procesadoras de alimentos, campamentos mineros, establecimientos educacionales, oficinas, universidades, hospitales.



Isopur

Aislados

Características Técnicas

	Terminación	Zincalum Zincalum	Espesores (mm)	Acero 0,5/0,5	Adaptabilidad	Recto	Usos	Revestimientos Vertical Cielos Falsos
		Prepintado Zincalum						
		Prepintado Prepintado						

Notas:

- Para distanciamiento entre costaneras, consultar a departamento de Especificación.
- Terminaciones de pintura, consultar a catálogo de colores Instapanel Cintac.
- Para uso como revestimiento Horizontal, previa consulta departamento de Especificación.

Propiedades Térmicas

Espesor [mm]	Peso [kg/m ²]	Largo Máximo (m)	Elementos Horizontales (Flujo Ascendente)			Elementos Verticales (Flujo Horizontal)		
			Resistencia Térmica [m ² K/W]	Transmitancia Térmica		Resistencia Térmica [m ² K/W]	Transmitancia Térmica	
				W/m ² K	Kcal/m ² °C		W/m ² K	Kcal/m ² °C
50	6,4	10	2,140	0,467	0,402	2,170	0,461	0,396
80	11,4	12	3,340	0,299	0,258	3,370	0,297	0,255
100	12,2	12	4,140	0,242	0,208	4,170	0,240	0,206
120	13,0	12	4,940	0,202	0,174	4,970	0,201	0,173
150	14,2	12	6,140	0,163	0,140	6,170	0,162	0,139

ANEXO 3

PUERTAS FRIGORÍFICAS CORREDERAS

Puerta Frigorífica Corredera Comercial

Estapuerta la hemos diseñado especialmente para instalaciones industriales y necesitamos una puerta corredera ligera en su desplazamiento, de fácil instalación y materiales de calidad.



Marco: Perfil de aluminio extrusionado y posteriormente lacado en Blanco, con doble rotura de puente térmico. Este marco tiene la posibilidad de equiparse con resistencia para evitar la congelación del burlete en las cámaras de baja temperatura. Es adaptable a cualquier panel o a obra civil.

Hoja: Aislada con Poliuretano de alta densidad (50 kg/m³) y chapa con acabados en Lacado Blanco, Plástico (PVC) o Acero inoxidable 304 ó 316, además va Reforzada y canteada en todo su perímetro con un perfil de aluminio extrusionado con acabado tipo inox.

■ **Espesores de hoja:** 60, 80 y 100 mm según temperaturas de trabajo.

Herrajes: Guía corredera, fabricada con perfil de aluminio extrusionado anodizado. Conjunto de Rodamientos simples con sistema basculante para adaptarse a la caída del carril, tornillería en acero inox.

ANEXO 4

GUÍA DE SELECCIÓN DE REFRIGERANTES SUVA



Suva[®]
Exclusividad DuPont

Referencia Rápida Refrigerantes Suva[®]

Guía de Selección para Refrigeración y Aire Acondicionado (Sistemas de Desplazamiento Positivo)

Producto	Aplicación	Observaciones
Para R-12 y R500 Refrigerantes de Servicio (HCFC) <ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] MP39 (R-401A) • Suva[®] 409A (R-409A) 	Conversión de R-12 -Media a baja temperatura -(Mejor por encima de -15°F evap.)	MP39: Opción preferida para conversión de R-12. -Sin cambio de aceite para pequeños sistemas acoplados cerrados. 409A: También es opción para R-12.
<ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] MP66 (R-401B) 	Conversión de R-500, R-12 -Mayor capacidad para baja temp. R-12. -(Mejor por debajo de -15°F evap.)	Reacondicionado rápido y económico del R-500; un solo cambio de aceite. Reacondicionado de R-12 donde se necesita mayor capacidad a baja temperatura. -Sin cambio de aceite; pequeños sistemas acoplados cerrados.
Largo Plazo (HFC) <ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] 134a (R-134a) 	Equipo nuevo y conversión de R-12 -Temperatura Media	Buena alternativa para equipos nuevos. También opción para reacondicionado; trabaja mejor arriba de los 20°F (7°C) de evaporación; el MP39 es una opción más barata para servicio o reacondicionado.
Para R-502 Refrigerantes de Servicio (HCFC) <ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] HP80 (R-402A) 	Conversión de R-502 -Todas las temperaturas R-502	HP80: Opción preferida para reacondicionado de R-502. -Un rápido cambio de aceite para reacondicionado; mayor capacidad.
<ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] 408A (R-408A) • Suva[®] HP81 (R-402B) 	Conversión de R-502 -Más altas temp. de descarga/EER -Aplicaciones limitadas.	408A: También es opción para reacondicionado de R-502. Preferido para sistemas en los que se desea una mayor temperatura de descarga, tales como algunas máquinas para producir hielo; comúnmente se usa aceite mineral. Es la mejor opción para sistemas de mando abierto.
Largo Plazo (HFC) <ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] HP62 (R-404A) 	Equipo nuevo y Conversión de R-502 -Todas las temperaturas 502	Es la mejor opción para equipos nuevos. También es una opción para reacondicionado; el HP80 es la opción más barata para conversión.
Para R-13, R503 y R-23 Largo Plazo <ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] 95 (R-508B) 	Equipo nuevo y Conversión -Aplicaciones de muy baja temp.-40°F a-150°F	Un refrigerante reemplaza a tres. Utilizado por las principales OFMs. Reacondicionado más simple y económico que el R-23.
Para R-22 Largo Plazo (HFC) <ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] 407C (R-407C) 	Equipo nuevo y Conversión A.Ac. y Bombas de calor	Disponible actualmente para conversión de equipos y para equipos nuevos. A menudo se lo denomina 9000.
<ul style="list-style-type: none"> • Suva[®] 410A (R-410A) 	Solo para equipo diseñado p/410 A-A.Ac. y Bombas de calor	Es el refrigerante de alta eficiencia y de alta presión del futuro; sólo para equipos diseñados para el R-410A. A menudo se lo denomina 9100, AZ-20.

Refrigerants and lubricants approved for use in Copeland™ compressors

	Refrigerants	Similar to	Application		Lubricant choices			Comments
			Retrofit	New	Preferred	Alternate #1	Alternate #2	
Ozone depleting	CFC R-12		L,M		MIN	AB & MIN		Phased out in 1996
	CFC R-502		L,M		MIN	AB & MIN	POE-32	Phased out in 1996
	HCFC R-22		L,M,H		MIN	AB & MIN	POE-32	No new equipment 2010
Interims	HCFC R401A	R-12	M,H		AB & MIN	POE-32 & MIN	POE-32	Service only Suva™ MP39
	HCFC R-401B	R-12	L,M		AB & MIN	POE-32 & MIN	POE-32	Service only Suva MP66
	HCFC R-402A	R-502	L,M		AB & MIN	POE-32 & MIN	POE-32	Service only Suva HP80
	HCFC R-402B	R-502	L,M		AB & MIN	POE-32 & MIN	POE-32	Service only Suva HP81
	HCFC R-408A	R-502	L,M		AB & MIN	POE-32 & MIN	POE-32	Service only FX10
	HCFC R-409A	R-12	L,M		AB & MIN	POE-32 & MIN	POE-32	Service only FX56
Non-ozone depleting	HFC R-134a	R-12	M,H	M,H	POE-32			
	HFC R-404A	R-502	L,M	L,M	POE-32			Suva HP62, Forane™ FX70
	HFC R-507	R-502	L,M	L,M	POE-32			Genetron™ AZ50
	HFC R-407A	R-22	L,M	L,M	POE-32			
	HFC R-407C	R-22	L,M,H	L,M,H	POE-32			Suva 9000/KLEA 66
	HFC R-407F	R-22	L,M	L,M	POE			Discus™ and select refrigeration scroll models (ZF/ZB)
	HFC R-410A			M,H	POE-32			ZP & ZB KCP Copeland Scroll™ models only
	HFC R-422A/D	R-22	L,M		POE-32	MIN	AB	Discus supermarket racks only
	HFC R-438A	R-22	L,M		POE-32	MIN	AB	Discus supermarket racks only; ISCEON™ MO99
	R-704 helium			Cryogenic	PAG			ZC Copeland Scroll models only
	R-744 CO ₂			Sub-critical	POE*			ZO Copeland Scroll models only
	R-290 propane			L,M	POE			For use with specific Copeland compressors designed for R-290

Legend:

MIN:	Mineral Oil (Copeland 46BWMO, Calumet RO 15, Chevron/Texaco Capella WF32, Sonneborn Suniso 3G5) Mineral oils are interchangeable for 'top off' purposes
AB:	Alkyl Benzene Oil (Copeland Ultra 200, Shirve Zero 200 TD, Sonneborn Suniso AKB200A, Shell 2212)
POE 32:	Polyolester Oil (Copeland Ultra 32-3MAF, Lubrizol Emkarate RL32-3MAF, Parker EMKARATE RL32-3MAF/ (Virginia) LE323MAF, Nu Calgon 4314-66 (EMKARATE RL32-3MAF) Hatcol 22 CC, Copeland Ultra 22 CC & Mobil Arctic 22 CC (last three for 'top off' only)
POE*:	Contact Application Engineer for oil details
PAG:	Polyalkylene Glycol Oil (Lubrizol RPAG 62, UCON LB300X)
POE-32 & MIN:	Minimum 50% POE
AB & MIN:	Minimum 50% Alkyl Benzene
L:	Low Temperature Application (Refrigeration) For R-407A, R-407C, R-407F, R-422A/D, R-438A, Demand Cooling™ Is required for low temperature application - See AE guidelines for details
M:	Medium Temperature Application (Refrigeration)
H:	High Temperature Application (Air-Conditioning, Heat Pump, Refrigeration)

Spectronics AR-GLO 4/E Fluorescent Leak Detection Dye Is approved for HFC/POE and HCFC/Mineral Oil usage at the manufacturer's recommended concentrations.

CAUTION: POE must be handled carefully and the proper protective equipment (gloves, eye protection, etc.) must be used when handling POE lubricant. POE must not come into contact with any surface or material that might be harmed by POE, including without limitation, certain polymers (e.g. PVC/CPVC and polycarbonate).

For specific product availability and performance data refer to Emerson Climate Technologies, Inc. sales literature
Refer To Application Engineering bulletins, change-over guidelines And MSDS sheets for additional information at EmersonClimate.com

93-11 R26 (8/12)

Emerson, Copeland, Copeland Scroll, Demand Cooling, and Discus are trademarks of Emerson Electric Co. or one of its affiliated companies. ©2012 Emerson Climate Technologies, Inc. All rights reserved. Printed in the USA.



ANEXO 5

CARACTERÍSTICAS DEL R-134a



Refrigerantes

1.1.2 Gases refrigerantes HFC

R134a

El R134a es un sustituto de largo plazo inocuo para el medio ambiente, con potencial de destrucción de la capa de ozono 0, diseñado para sustituir al R12 en todas las aplicaciones, con excepción de aplicaciones de congelación a temperaturas inferiores a -20°C. Está diseñado y testado para climatización de automóviles e industrial (sistemas centrífugos), refrigeración doméstica, comercial e industrial, como agente soplador de espuma y como agente impelente en aerosoles.

El R134a se usa con lubricantes de éster de poliol y glicol de polialquileo (PAG). La mayoría de los fabricantes de equipo original automotriz han elegido lubricantes de PAG específicos para sus sistemas. Para aplicaciones no automotrices, la mayoría de los fabricantes de compresores recomiendan lubricantes de éster de poliol específicos.

CARACTERÍSTICAS		
Propiedades	Unidades	R134a
Descripción	-	Tetrafluoroetano
Fórmula Química	-	CH ₂ FCF ₃
Aplicación	-	Climatización de automóviles e industrial (sistemas centrífugos), refrigeración doméstica, comercial e industrial
Componentes	-	Puro
Masa Molecular	g/mol	102,03
Temperatura de ebullición a 1,013 bar	°C	-26,1
Temperatura de congelación	°C	-96,6
Deslizamiento de temperatura de ebullición a 1,013 bar	K	0
Densidad de líquido a 25°C	Kg/dm ³	1,206
Densidad de vapor saturado a 1,013 bar	Kg/m ³	5,28
Presión de vapor a 25°C	kPa	665,5
Temperatura crítica	°C	101,1
Presión crítica	bar	40,6
Densidad crítica	Kg/dm ³	0,512
Calor latente de vaporización a 1,013 bar	KJ/Kg	215,90
Calor específico a 25°C líquido y vapor a 1,013 bar	KJ/(Kg-K)	1,46
Inflamabilidad en el aire	-	Ninguna
ODP	-	0
Clasificación seguridad	-	A1
Lubricantes	-	Polioléster
GWP ₁₀₀	-	1300

ANEXO 6

CONDENSADORES CON VENTILACIÓN FORZADA PARA UNIDADES CONDENSADORAS

Selection

Tab. 1 Coefficiente per compressori ermetici o semiermetici - Coefficient pour compresseurs hermétiques ou semi-hermétiques - Coeficiente para compresores herméticos o semi-herméticos

T. evap.	T. évaporation	T. evaporación	°C	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	
T. cond.	T. condensation	T. condensación	°C	35	1,68	1,60	1,53	1,47	1,41	1,35	1,31	1,27	1,23	1,19	1,14
fc				40	1,77	1,66	1,58	1,51	1,44	1,39	1,34	1,29	1,25	1,21	1,18
				45	1,88	1,74	1,63	1,55	1,48	1,43	1,38	1,33	1,29	1,24	1,21
				50	2,04	1,86	1,72	1,62	1,54	1,48	1,42	1,37	1,33	1,28	1,24
				55	2,28	2,08	1,90	1,75	1,62	1,53	1,46	1,41	1,37	1,32	1,25

Tab. 2 Coefficiente per comp. aperti - Coefficient pour compresseurs ouverts - Coeficiente para compresores abiertos

T. evap.	T. évaporation	T. evaporación	°C	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	
T. cond.	T. condensation	T. condensación	°C	35	1,46	1,41	1,36	1,32	1,28	1,25	1,21	1,18	1,15	1,13	1,10
fc				40	1,51	1,45	1,40	1,36	1,32	1,28	1,24	1,21	1,18	1,15	1,13
				45	1,56	1,50	1,45	1,40	1,36	1,32	1,28	1,24	1,21	1,18	1,15
				50	1,62	1,56	1,50	1,45	1,40	1,35	1,31	1,28	1,24	1,21	1,18
				55	1,68	1,62	1,55	1,50	1,45	1,40	1,35	1,31	1,28	1,24	1,21

Tab. 3

Δt (K)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
K1	0,53	0,60	0,67	0,73	0,80	0,87	0,93	1,00	1,07	1,13	1,20	1,27	1,33
K1'	0,46	0,54	0,62	0,69	0,77	0,85	0,93	1,00	1,08	1,15	1,23	1,31	1,38

Tab. 4

Refrigerante	Réfrigérant	Refrigerante	R407C	R22	R134a	R404A - R507A
K2			0,87	0,96	0,93	1,00

Tab. 5

T. ingr. aria	T. entrée air	T. entrada aire	°C	+15	+20	+25	+30	+35	+40 ²	+45 ²	+50 ²
K3				1,03	1,02	1,00	0,99	0,97	0,95	0,94	0,93

Tab. 6

Altitudine	Altitude	Altitud	m	0	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
K4				1,00	0,96	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85

Tab. 7

Materiale alette	Matériau ailettes	Material aletas	Al	Al PV ³
K5			1,00	0,97

1 Per R407C ed altri refrigeranti con glide elevato.

2 Consultare l'Ufficio Tecnico.

3 Alluminio preverniciato.

1 Pour R407C et autres réfrigérants avec glide élevé.

2 Consulter le Service Technique.

3 Aluminium préverni.

1 Para R407C y otros refrigerantes con glide muy alto.

2 Consultar con el Departamento Técnico.

3 Aluminio prepintado.

CONDENSADORES PARA UNIDADES CONDENSADORAS DE USO INDUSTRIAL

TCE

Condensatori ad aria - Condenseurs à air
Condensadores por aire



La gamma TCE è stata studiata per soddisfare tutti i possibili impieghi nei settori della refrigerazione e del condizionamento.

La gamme TCE a été étudiée pour satisfaire toutes les utilisations possibles dans les secteurs de la réfrigération et du conditionnement d'air.

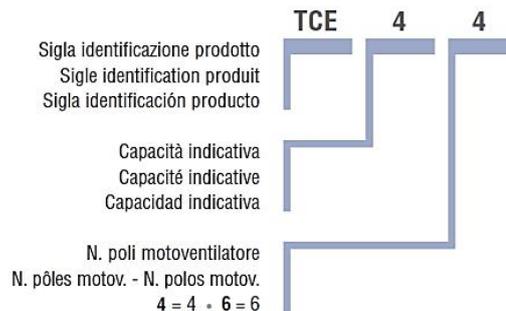
La gama TCE ha sido proyectada para todas las aplicaciones posibles sea en la refrigeración como en el acondicionamiento.

Gli scambiatori ad elevata efficienza che equipaggiano l'intera serie sono realizzati con alette in alluminio dal profilo speciale e tubi di rame con rigatura interna, studiati per l'applicazione con i nuovi fluidi refrigeranti. Sono forniti in pressione d'aria secca a 2 bar ed il passo alette è di 2,1 mm per tutta la gamma.

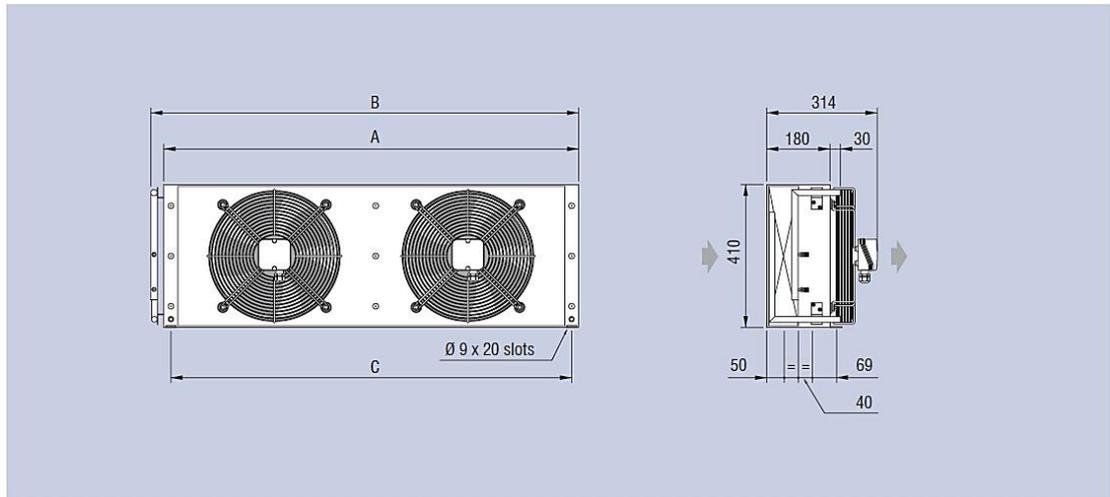
Les échangeurs à haut rendement qui équipent l'entière gamme sont réalisés avec ailettes en aluminium au profil spécial et tubes en cuivre avec rainure interne, étudiés pour l'application avec les nouveaux fluides réfrigérants. Ils sont fournis sous pression d'air sec à 2 bar. Le pas d'ailettes est 2,1 mm pour toute la gamme.

Los intercambiadores, de elevada eficiencia, están contruidos con aletas de aluminio con perfil especial y tubos de cobre estriados estudiados para las aplicaciones con los nuevos líquidos refrigerantes. Todos los modelos son suministrados cargados con aire seco a 2 bar. En todos los modelos, el paso de aletas es 2,1 mm.

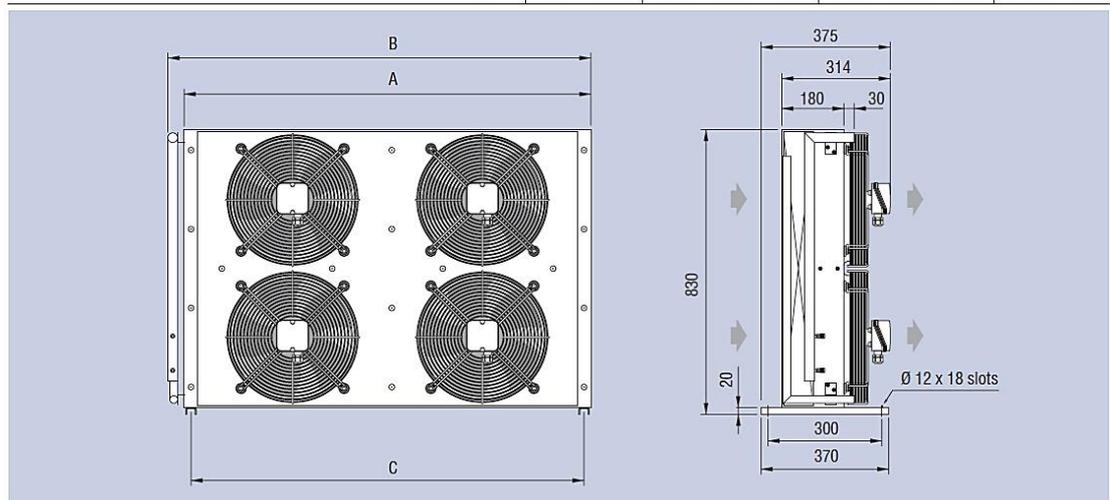
Identificazione - Identification modèles - Identificación modelos



TCE Caratteristiche dimensionali - Caractéristiques dimensionnelles - Características dimensionales



Modello	Modèle	Modelo	TCE	4-4 3-6	5-4 4-6	6-4 5-6	8-4 6-6	9-4 7-6	11-4 8-6	14-4 10-6	15-4 11-6	21-4 15-6	24-4 17-6	
Schema motori	Schéma moteurs	Esquema motores												
Dimensioni	Dimensions	Dimensiones	mm	A	479	479	729	729	729	1179	1179	1179	1819	1819
				B	514	514	764	764	770	1220	1216	1216	1860	1860
				c	439	439	689	689	689	1139	1139	1139	1779	1779



Modello	Modèle	Modelo	TCE	28-4 20-6	31-4 22-6	42-4 31-6	47-4 33-6
Schema motori	Schéma moteurs	Esquema motores					
Dimensioni	Dimensions	Dimensiones	mm	A	1179	1179	1819
				B	1226	1226	1873
				c	1139	1139	1779

TCE Caratteristiche tecniche - Caractéristiques techniques - Características técnicas



Modello	Capacità	Portata aria	L. pressione sonora	Volume interno	Superficie interna	Superficie esterna	Motoventilatori		Potenza totale	Assorb. totale	Attacchi		Peso netto
Modèle	Capacité	Débit d'air	Niveau press. sonore	Volume interne	Surface intérieure	Surface extérieure	Motoventilateurs		Capacité totale	Absorption totale	Raccords		Poids net
Modelo	Capacidad	Caudal aire	Nivel pres. sonora	Volumen interno	Superficie interna	Superficie externa	Motoventiladores		Capacidad total	Int. absorb total	Conexiones		Peso neto
	kW	m³/h	LpA 10 m	dm³	m²	m²	n° x Ø mm	RPM	W	A	In (mm)	Out (mm)	kg
4-4	4,3	2080	45	0,9	0,6	6,0	1 x 350	1420	185	0,96	16	12	8
5-4	5,4	1850	45	1,4	0,9	9,0	1 x 350	1420	185	0,96	16	12	9
6-4	5,8	2380	45	1,5	1,0	9,75	1 x 350	1420	185	0,96	16	16	12,5
8-4	7,3	2250	45	2,2	1,5	14,6	1 x 350	1420	185	0,96	16	16	14,1
9-4	8,3	2110	45	2,9	2,0	19,5	1 x 350	1420	185	0,96	16	16	15,7
11-4	10,6	4620	48	2,4	1,7	16,5	2 x 350	1420	370	1,92	18	16	22,1
14-4	13,3	4230	48	3,6	2,5	24,8	2 x 350	1420	370	1,92	18	16	24,4
15-4	15,1	3970	48	4,9	3,3	33,0	2 x 350	1420	370	1,92	18	16	27,1
21-4	20,6	6440	50	5,7	3,9	39,2	3 x 350	1420	555	2,88	22	16	36,3
24-4	23,0	5950	50	7,6	5,2	52,2	3 x 350	1420	555	2,88	22	16	40,5
28-4	26,6	8460	51	7,3	5,0	49,5	4 x 350	1420	740	3,84	28	22	48,2
31-4	30,0	7930	51	9,7	6,6	66,0	4 x 350	1420	740	3,84	28	22	54
42-4	41,1	12880	53	11,4	7,9	78,3	6 x 350	1420	1110	5,76	35	28	72
47-4	46,0	11900	53	15,1	10,5	104,0	6 x 350	1420	1110	5,76	35	28	80

3-6	3,4	1330	33	0,9	0,6	6,0	1 x 350	945	75	0,37	16	12	8
4-6	4,2	1180	33	1,4	0,9	9,0	1 x 350	945	75	0,37	16	12	9
5-6	4,6	1540	33	1,5	1,0	9,75	1 x 350	945	75	0,37	16	16	12,5
6-6	5,5	1420	33	2,2	1,5	14,6	1 x 350	945	75	0,37	16	16	14,1
7-6	6,0	1330	33	2,9	2,0	19,5	1 x 350	945	75	0,37	16	16	15,7
8-6	8,4	2960	36	2,4	1,7	16,5	2 x 350	945	150	0,74	18	16	22,1
10-6	10,2	2720	36	3,6	2,5	24,8	2 x 350	945	150	0,74	18	16	24,4
11-6	10,9	2490	36	4,9	3,3	33,0	2 x 350	945	150	0,74	18	16	27,1
15-6	15,6	4080	38	5,7	3,9	39,2	3 x 350	945	225	1,11	22	16	36,3
17-6	16,9	3820	38	7,6	5,2	52,2	3 x 350	945	225	1,11	22	16	40,5
20-6	20,5	5450	39	7,3	5,0	49,5	4 x 350	945	300	1,48	28	22	48,2
22-6	21,8	4970	39	9,7	6,6	66,0	4 x 350	945	300	1,48	28	22	54
31-6	31,2	8170	41	11,4	7,9	78,3	6 x 350	945	450	2,22	35	28	72
33-6	33,8	7630	41	15,1	10,5	104,0	6 x 350	945	450	2,22	35	28	80

ANEXO 7

EVAPORADORES CON VENTILACIÓN FORZADA

Selection

Tab. 1 Condizioni STD in accordo con la norma EN 328 - Conditions STD en accord avec la norme EN 328
Condiciones STD según la norma EN 328

Standard capacity conditions	Inlet air temperature °C	Evaporation temperature °C	RH %	Wet Conditions factor
SC 1	10	0	85	1,35
SC 2	0	-8	85	1,15
SC 3	-18	-25	95	1,05
SC 4	-25	-31	95	1,01

Tab. 2 F1 - Fattore di correzione della capacità nominale kW (R404A) per diverse temperature di cella e ΔT
F1 - Facteur de correction de la capacité nominale kW (R404A) pour différentes températures de chambre et ΔT
F1 - Factor de corrección de la capacidad nominal kW (R404A) para diferentes temperaturas de la cámara y ΔT

ΔT [K] ¹																				
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12
10	1,087	1,087	1,099	1,129	1,159	1,190	1,220	1,250	1,293	1,337	1,380	1,424	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467
9	0,978	0,978	0,989	1,016	1,043	1,071	1,098	1,125	1,164	1,203	1,242	1,282	1,321	1,321	1,321	1,321	1,321	1,321	1,321	1,321
8	0,870	0,870	0,879	0,903	0,928	0,952	0,976	1,000	1,035	1,070	1,104	1,139	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174
7	0,761	0,761	0,769	0,790	0,812	0,833	0,854	0,875	0,905	0,936	0,966	0,997	1,027	1,027	1,027	1,027	1,027	1,027	1,027	1,027
6	0,652	0,652	0,659	0,678	0,696	0,714	0,732	0,750	0,776	0,802	0,828	0,854	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880
5	0,543	0,543	0,550	0,565	0,580	0,595	0,610	0,625	0,647	0,668	0,690	0,712	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734
4	0,435	0,435	0,440	0,452	0,464	0,476	0,488	0,500	0,517	0,535	0,552	0,570	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587
°C ²	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12			

Tab. 3 F2 - Fattore di correzione per i fluidi refrigeranti - F2 - Facteur de correction pour les fluides réfrigérants
F2 - Factor de corrección para líquidos refrigerantes

T. room (°C)	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12
R22	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
R134a	-	-	-	-	0,86	0,88	0,89	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93
R404A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R507A	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97

¹ ΔT = Differenza di temperatura tra Temp. ingresso dell'aria nell'evaporatore e Temp. evaporazione del refrigerante.

¹ ΔT = Différence de température entre Temp. entrée de l'air dans l'évaporateur et Temp. évaporation du réfrigérant.

¹ ΔT = Diferencia de temperatura entre la Temp. de entrada del aire en el evaporador y la Temp. de evaporación del refrigerante.

EVAPORADORES DE DOBLE FLUJO

DFE

Aeroevaporatori e aereorefrigeratori - Evaporateurs ventilés et refroidisseurs d'air
Aeroevaporadores y aereofriadores



La gamma **DFE** a doppio flusso trova applicazione nelle celle frigorifere di altezza ridotta utilizzate per la conservazione di prodotti freschi e congelati.

I modelli sono dotati di motoventilatori a doppia velocità. Grazie a questa caratteristica, lo stesso apparecchio può essere impiegato per ottenere una ventilazione normale o ridotta (con minima rumorosità).

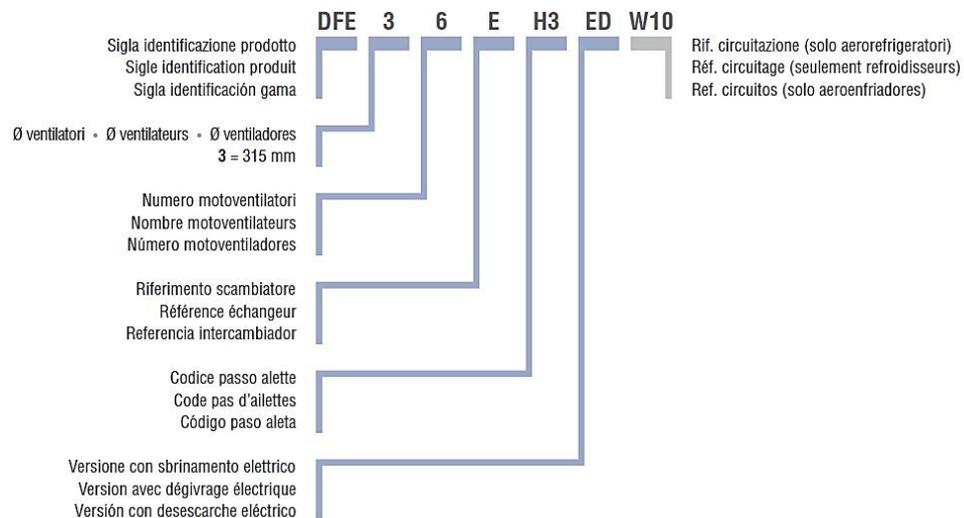
La gamme **DFE** à double flux trouve son application dans les chambres froides à hauteur limitée prévues pour la conservation des produits frais et congelés.

Les modèles sont dotés de motoventilateurs à double vitesse. Grâce à cette caractéristique, le même appareil peut être utilisé pour obtenir une ventilation normale ou réduite (avec niveau de bruit réduit).

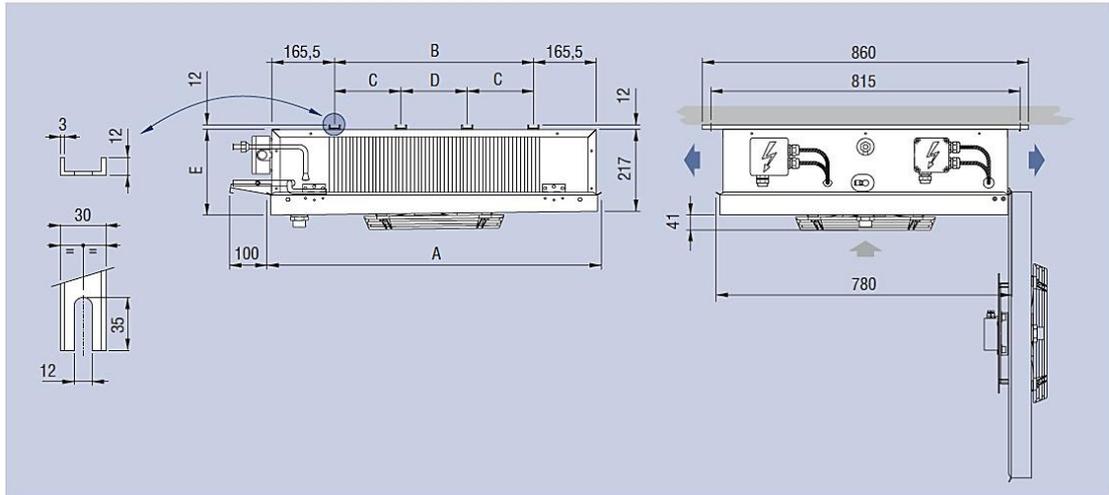
La gama **DFE** de doble flujo, ha sido proyectada para aplicaciones en cámaras frigoríficas de altura contenida para la conservación del producto fresco y congelado.

Los modelos han sido provistos de motoventiladores de doble velocidad así que el mismo modelo pueda ser empleado para alcanzar tanto una ventilación normal como reducida (con un nivel de ruido muy bajo).

Identificazione modelli - Identification modèles - Identificación modelos



DFE Caratteristiche dimensionali - Caractéristiques dimensionnelles - Características dimensionales



Modello	Modèle	Modelo	DFE	31EH3 31EL7	32EH3 32EL7	33EH3 33EL7	34EH3 34EL7	35EH3 35EL7	36EH3 36EL7	
Dimensioni	Dimensions	Dimensiones	mm	A	885	1435	1985	2535	3085	3635
				B	524	1074	1624	2174	2724	3274
				C	-	-	812	1087	1087	1087
				D	-	-	-	-	1637	1100
				E	230	235	240	245	250	255

In funzione delle temperature di cella si distinguono in:

- **DFE H3** per alte temperature ($\geq +2$ °C) con passo alette 3,5 mm;
- **DFE L7** per basse temperature (≥ -25 °C) con passo alette 7,0 mm (è consigliata la versione con sbrinamento elettrico ED).

I motoventilatori a doppia velocità impiegati possiedono le seguenti caratteristiche:

- diametro 315 mm monofase 230V/1/50-60 Hz a rotore esterno con condensatore incorporato e griglia in poliammide caricato con fibra di vetro;
- grado di protezione IP 44;
- classe di isolamento F;
- termocontatto di protezione interno;
- temp. di esercizio -35 °C \div $+40$ °C.

Nelle versioni con sbrinamento elettrico standard ED vengono impiegate resistenze in acciaio inox con terminali vulcanizzati predisposte per il collegamento 400V/3/50-60 Hz.

En fonction des températures de la chambre, ils se distinguent en:

- **DFE H3** pour hautes températures ($\geq +2$ °C) avec pas d'ailettes 3,5 mm;
- **DFE L7** pour basses températures (≥ -25 °C) avec pas d'ailettes 7,0 mm, (la version avec dégivrage électrique ED est conseillée).

Les motoventilateurs à double vitesse ont les caractéristiques suivantes:

- diamètre 315 mm, monophasés 230V/1/50-60 Hz à rotor externe avec condensateur incorporé et grille en polyamide chargé de fibre de verre;
- degré de protection IP 44;
- classe d'isolation F;
- thermocontact de protection interne;
- température d'exercice -35 °C \div $+40$ °C.

Dans les versions avec dégivrage électrique standard ED, sont utilisées des résistances en acier inox avec terminaisons vulcanisées prédisposées pour le branchement 400V/3/50-60 Hz.

En función de la temperatura de la cámara se dividen en:

- **DFE H3** para alta temperatura ($\geq +2$ °C) con paso de aletas 3,5 mm;
- **DFE L7** para baja temperatura (≥ -25 °C) con paso de aletas 7,0 mm (aconsejamos la versión con desescarche eléctrico ED).

Los motoventiladores eléctricos de doble velocidad empleados reúnen las siguientes características:

- diámetro 315 mm, monofásico 230V/1/50-60 Hz a rotor exterior con condensador eléctrico incorporado y rejillas en poliamida con fibra de vidrio;
- grado de protección IP 44;
- clase de aislamiento F;
- termocontacto de protección interno;
- temperatura de funcionamiento -35 °C \div $+40$ °C.

La versión con desescarche eléctrico ED ha sido realizada con resistencias eléctricas de acero inoxidable con

DFE Caratteristiche tecniche - Caractéristiques techniques - Características técnicas



Aeroevaporatori - Evaporateurs ventilés - Aeroevaporadores

DFE H3

Modello	Modèle	Modelo		31EH3		32EH3		33EH3		34EH3		35EH3		36EH3	
Velocità	Vitesse	Velocidad		High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
Capacità nominale	Capacité nominale	Capacidad nominal	kW	2,97	2,47	5,52	4,78	8,47	7,13	11,28	9,72	14,3	12,1	16,1	13,9
Capacità	Capacité	Capacidad	kW	2,45	2,04	4,56	3,95	7,00	5,89	9,32	8,03	11,8	10	13,3	11,5
Portata aria	Débit d'air	Caudal de aire	m³/h	1450	1100	2900	2200	4350	3300	5800	4400	7250	5500	8700	6600
Freccia aria	Flèche d'air	Flecha de aire	m	2 x 7	2 x 5	2 x 8	2 x 6	2 x 9	2 x 7	2 x 10	2 x 8	2 x 12	2 x 9	2 x 14	2 x 11
Sup. interna	Surface intérieure	Superficie interna	m²	1,4		2,8		4,1		5,5		6,9		8,3	
Sup. esterna	Surface extérieure	Superficie externa	m²	14,3		28,6		42,9		57,2		71,5		85,8	
Peso netto ¹	Poids net ¹	Peso neto ¹	kg	24		40		52		74		83		103	

DFE L7

Modello	Modèle	Modelo		31EL7		32EL7		33EL7		34EL7		35EL7		36EL7	
Velocità	Vitesse	Velocidad		High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
Capacità nominale	Capacité nominale	Capacidad nominal	kW	2,17	1,92	4,19	3,63	6,42	5,48	8,48	7,32	10,3	9,04	12,5	10,8
Capacità	Capacité	Capacidad	kW	1,79	1,58	3,46	3,00	5,30	4,53	7,00	6,05	8,51	7,47	10,4	8,94
Portata aria	Débit d'air	Caudal de aire	m³/h	1550	1200	3100	2400	4650	3600	6200	4800	7750	6000	9300	7200
Freccia aria	Flèche d'air	Flecha de aire	m	2 x 8	2 x 6	2 x 9	2 x 7	2 x 10	2 x 8	2 x 11	2 x 9	2 x 13	2 x 10	2 x 15	2 x 12
Sup. interna	Surface intérieure	Superficie interna	m²	1,4		2,8		4,1		5,5		6,9		8,3	
Sup. esterna	Surface extérieure	Superficie externa	m²	7,6		15,2		22,8		30,4		38		45,6	
Peso netto	Poids net	Peso neto	kg	24		39		50		72		80		99	

Dati comuni	Données comm.	Datos comunes		1 x 315		2 x 315		3 x 315		4 x 315		5 x 315		6 x 315	
Motoventilatori	Motoventilateurs	Motoventiladores	n° x Ø mm	1 x 315		2 x 315		3 x 315		4 x 315		5 x 315		6 x 315	
Assorb. motov.	Absorption motov.	Intensidad absorb. motov.	A	0,5	0,43	1	0,86	1,5	1,29	2	1,72	2,5	2,15	3	2,58
Potenza nominale	Puissance nominale	Capacidad nominal	W	110	95	220	190	330	285	440	380	550	475	660	570
Capacità circuito	Capacité circuit	Capacidad circuito	dm³	3,1		5,9		8,6		11,3		12,6		15	
Sbrin. elettrico	Dégivrage élect.	Desescarche eléctrico	W	1500		3000		4500		6000		7500		8550	
Attacchi scamb.	Raccords échange.	Conexiones interc.	In (SAE)	1/2		1/2		1/2		1/2		5/8		5/8	
			Out (mm)	16		22		28		35		35		35	
Attacco scarico	Goulot décharg.	Conexión desagüe	Ø (GAS)	1		1		1		1		1		1	

¹ Il peso è riferito ai modelli con sbrinamento elettrico ED.
 X Impiegare valvola termostatica con equalizzatore di pressione esterno.

- Tutti gli aereorefrigeratori sono selezionabili con il programma "Scelte".

¹ Le poids fait référence aux modèles avec dégivrage électrique ED.

X Utiliser valve thermostatique avec égalisateur de pression externe.

- Tous les refroidisseurs d'air pouvant être sélectionnés avec le programme "Scelte".

¹ El peso hace referencia a los modelos con desescarche eléctrico ED.

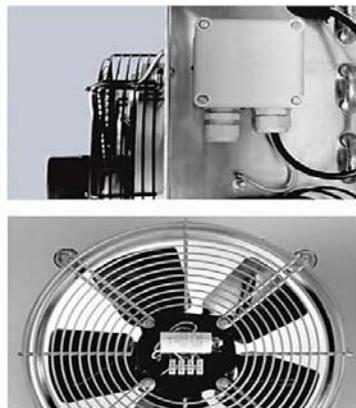
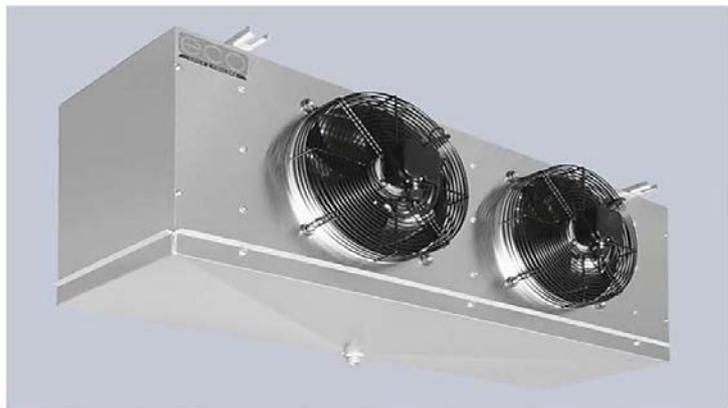
X Emplear válvula termostática con equilibrador de presión externo.

- Todos los aereofriadores pueden ser seleccionados con el programa "Scelte".

EVAPORADORES CÚBICOS

CTE

Aeroevaporatori e aereorefrigeratori - Evaporateurs ventilés et refroidisseurs d'air
Aeroevaporadores y aereofriadores



La gamma CTE è stata realizzata per l'impiego nelle celle frigorifere per la conservazione di prodotti freschi e congelati. La compattezza degli apparecchi consente di sfruttare al meglio i volumi della camera in cui vengono installati.

Gli scambiatori ad elevata efficienza che equipaggiano l'intera serie sono realizzati con alette in alluminio dal profilo speciale e tubi di rame con rainatura interna, studiati per l'applicazione con i nuovi fluidi refrigeranti.

In funzione delle temperature di cella si distinguono in:

- **CTE H3** per alte temperature ($\geq +2$ °C) con passo alette 3,5 mm;
- **CTE E4 - A4** per alte temperature ($\geq +2$ °C) con passo alette 4,0 mm;
- **CTE M6 - E6 - A6** per medie temperature (≥ -15 °C) con passo alette 6,0 mm, (è consigliata la versione con sbrinamento elettrico ED);
- **CTE L8 - E8 - A8** per basse temperature (≥ -35 °C) con passo alette 8,5 mm forniti di sbrinamento elettrico ED.

La gamme CTE a été réalisée pour l'utilisation dans les chambres froides prévues pour la conservation des produits frais et congelés. La compacité des appareils permet d'exploiter au mieux les volumes de la chambre dans lesquels ils sont installés.

Les échangeurs à haut rendement qui équipent l'entière gamme sont réalisés avec ailettes en aluminium au profil spécial et tubes en cuivre avec rainurage interne, étudiés pour l'application avec les nouveaux fluides réfrigérants.

En fonction des températures de la chambre, ils se distinguent en:

- **CTE H3** pour hautes températures ($\geq +2$ °C) avec pas d'ailettes 3,5 mm;
- **CTE E4 - A4** pour hautes températures ($\geq +2$ °C) avec pas d'ailettes 4,0 mm;
- **CTE M6 - E6 - A6** pour températures moyennes (≥ -15 °C) avec pas d'ailettes 6,0mm (la version avec dégivrage électrique ED est conseillée);
- **CTE L8 - E8 - A8** pour basses températures (≥ -35 °C) avec pas d'ailettes 8,5mm, fournis avec dégivrage électrique ED.

La gama CTE ha sido estudiada para aplicaciones en cámaras frigoríficas para la conservación de productos frescos y congelados. Los equipos son compactos para tener disponible un mayor volumen en la cámara donde están instalados.

Los intercambiadores de elevada rendimiento utilizados en toda la gama, presentan aletas de aluminio con perfil especial y tubos de cobre estriados estudiados para aplicaciones con los nuevos líquidos refrigerantes.

En función de la temperatura de la cámara hay diferentes modelos:

- **CTE H3** para alta temperatura ($\geq +2$ °C) con paso aletas 3,5 mm;
- **CTE E4 - A4** para alta temperatura ($\geq +2$ °C) con paso aletas 4 mm;
- **CTE M6 - E6 - A6** para media temperatura (≥ -15 °C) con paso aletas 6,0 mm (se aconseja la versión con desescarche eléctrico ED);
- **CTE L8 - E8 - A8** para baja temperatura (≥ -35 °C) con paso aletas 8,5 mm suministrados sólo con desescarche eléctrico ED.

CTE



I motoventilatori standard impiegati sono di quattro tipi:

- A) diametro 250 mm, monofase 230V/1/50 Hz a poli schermati con griglia in poliammide caricato con fibra di vetro.
- B) diametro 315 mm, monofase 230V/1/50-60 Hz a rotore esterno con condensatore elettrico incorporato e griglia in acciaio trattato con vernice epossidica.
- C) diametro 350 mm, monofase 230V/1/50-60 Hz a rotore esterno con condensatore elettrico incorporato e griglia in acciaio trattato con vernice epossidica.
- D) diametro 500 mm, trifase 400V/3/50 Hz a rotore esterno con griglia in acciaio trattato con vernice epossidica.

I modelli possiedono le seguenti caratteristiche:

- grado di protezione IP 44 (IP 54 per Ø 500);
- classe di isolamento B (F per Ø 350 e 500);
- termocontatto di protezione interno;
- temp. di esercizio -35 °C ÷ +40 °C.

Les motoventilateurs standard utilisés sont de quatre types:

- A) diamètre 250mm, monophasés 230V/1/50 Hz à pôles blindés avec grille en polyamide chargée de fibre de verre.
- B) diamètre 315mm, monophasés 230V/1/50-60 Hz à rotor externe avec condensateur électrique incorporé et grille en acier traitée avec peinture époxydique.
- C) diamètre 350mm, monophasés 230V/1/50-60 Hz à rotor externe avec condensateur électrique incorporé et grille en acier traitée avec peinture époxydique.
- D) diamètre 500mm, triphasés 230V/1/50 Hz à rotor externe avec condensateur électrique incorporé et grille en acier traitée avec peinture époxydique.

Les quatre modèles ont les caractéristiques suivantes:

- degré de protection IP 44 (IP 54 pour Ø 500) ;
- classe d'isolation B (F pour Ø 350 et 500)
- thermo-contact de protection interne;
- température d'exercice -35°C ÷ +40°C.

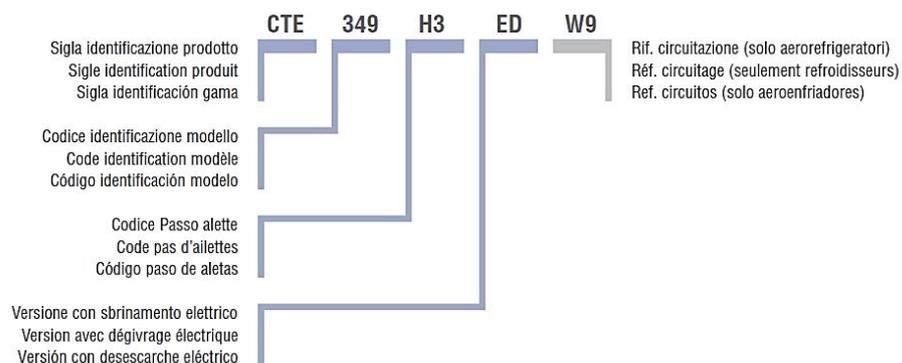
Se utilizan cuatro tipos de motoventiladores estándar:

- A) diámetro 250 mm, monofásico 230V/1/50 Hz de polos sombreados y rejilla en poliamida con fibra de vidrio.
- B) diámetro 315 mm, monofásico 230V/1/50-60 Hz a rotor exterior con condensador eléctrico incorporado y rejilla de acero protegido con pintura al polvo epóxica.
- C) diámetro 350 mm, monofásico 230V/1/50-60 Hz a rotor exterior con condensador eléctrico incorporado y rejilla de acero protegido con pintura al polvo epóxica.

Todos los tipos de modelos reúnen las siguientes características:

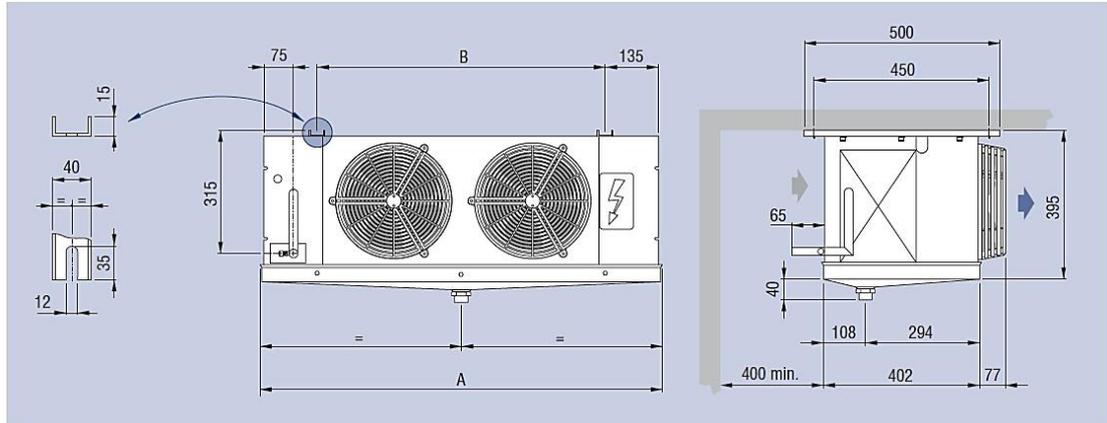
- grado de protección IP 44 (IP 54 para Ø 500);
- clase de aislamiento B (F para Ø 350 y 500);
- termocontacto de protección interno;
- temperatura de funcionamiento -35 °C ÷ +40 °C.

CTE Ø 250 / 315 mm - Identificazione modelli - Identification modèles - Identificación modelos



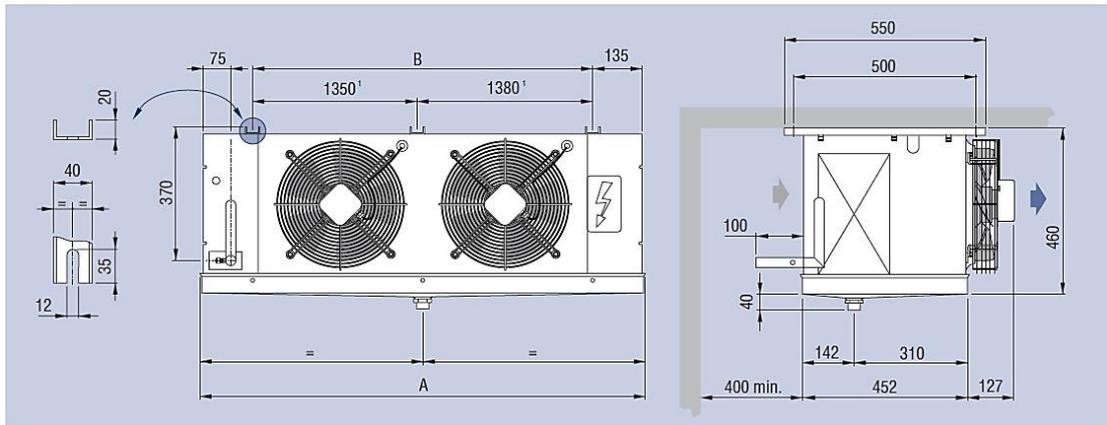
CTE Caratteristiche dimensionali - Caractéristiques dimensionnelles - Características dimensionales

CTE Ø 250 mm



Modello	Modèle	Modelo	CTE Ø 250	26H3	-	53H3	80H3	-	
				-	38H3	75H3	113H3	150H3	
				20M6	-	41M6	63M6	-	
				-	29M6	58M6	86M6	115M6	
				16L8ED	-	34L8ED	51L8ED	-	
				-	23L8ED	45L8ED	68L8ED	90L8ED	
Dimensioni	Dimensions	Dimensiones	mm	A	680	680	1030	1380	1730
				B	380	380	730	1080	1430

CTE Ø 315 mm



Modello	Modèle	Modelo	CTE Ø 315	116H3	174H3	233H3	291H3	349H3	
				96M6	145M6	194M6	243M6	291M6	
				84L8ED	125L8ED	158L8ED	209L8ED	254L8ED	
Dimensioni	Dimensions	Dimensiones	mm	A	1230	1680	2130	2580	3030
				B	930	1380	1830	2280	2730

CTE Caratteristiche tecniche - Caractéristiques techniques - Características técnicas

Aerorefrigeratori - Evaporateurs ventilés - Aerorefrigeradores

Modello	Modèle	Modelo	CTE	26H3	38H3	53H3	75H3	80H3	113H3	150H3
Cap. nominale	Capacité nom.	Capacidad nominal	kW	1,35	1,67	2,73	3,33	4,11	5	6,67
Capacità	Capacité	Capacidad	kW	1,12	1,38	2,26	2,76	3,4	4,14	5,52
Portata aria	Débit d'air	Caudal de aire	m³/h	750	650	1500	1300	2250	1950	2600
Freccia aria	Flèche d'air	Flecha de aire	m	8	7	9	8	11	10	12
Passo alette	Pas d'ailettes	Paso aleta	mm	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Sup. interna	Surf. intérieure	Superficie interna	m²	0,7	1,1	1,4	2,1	2,1	3,2	4,2
Sup. esterna	Surf. extérieure	Superficie esterna	m²	7,3	10,9	14,6	21,8	21,8	32,7	43,7
Attacchi scamb.	Racc. échange.	Conexiones interc.	In tube (mm)	12	12	12	12	12	12	12
			In connect. (SAE)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
			Out tube (mm)	16	16	22	22	22	22	28
Peso netto ¹	Poids net ¹	Peso neto ¹	kg	15,8	17,9	25,1	27,9	35,4	40,3	45,2

Modello	Modèle	Modelo	CTE	20M6	29M6	41M6	58M6	63M6	86M6	115M6
Cap. nominale	Capacité nom.	Capacidad nominal	kW	1,20	1,51	2,40	3,02	3,60	4,52	6,01
Capacità	Capacité	Capacidad	kW	0,99	1,25	1,99	2,5	2,98	3,74	4,98
Portata aria	Débit d'air	Caudal de aire	m³/h	820	750	1640	1500	2460	2250	3000
Freccia aria	Flèche d'air	Flecha de aire	m	8,5	7,5	10	9	12	11	13
Passo alette	Pas d'ailettes	Paso aleta	mm	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Sup. interna	Surf. intérieure	Superficie interna	m²	0,7	1,1	1,4	2,1	2,1	3,2	4,2
Sup. esterna	Surf. extérieure	Superficie esterna	m²	4,4	6,7	8,9	13,3	13,3	20	26,6
Attacchi scamb.	Racc. échange.	Conexiones interc.	In tube (mm)	12	12	12	12	12	12	12
			In connect. (SAE)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
			Out tube (mm)	16	16	22	22	22	22	28
Peso netto	Poids net	Peso neto	kg	15,3	17,4	24,6	27,4	34,9	39,8	44,7

Modello	Modèle	Modelo	CTE	16L8	23L8	34L8	45L8	51L8	68L8	90L8
Cap. nominale	Capacité nom.	Capacidad nominal	kW	1,05	1,27	2,1	2,54	3,15	3,8	5,07
Capacità	Capacité	Capacidad	kW	0,87	1,05	1,74	2,1	2,61	3,15	4,2
Portata aria	Débit d'air	Caudal de aire	m³/h	870	780	1740	1560	2610	2340	3120
Freccia aria	Flèche d'air	Flecha de aire	m	9	8	11	10	13	12	14
Passo alette	Pas d'ailettes	Paso aleta	mm	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Sup. interna	Surf. intérieure	Superficie interna	m²	0,7	1,1	1,4	2,1	2,1	3,2	4,2
Sup. esterna	Surf. extérieure	Superficie esterna	m²	3,3	4,9	6,5	9,8	9,8	14,7	19,6
Attacchi scamb.	Racc. échange.	Conexiones interc.	In tube (mm)	12	12	12	12	12	12	12
			In connect. (SAE)	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
			Out tube (mm)	16	16	22	22	22	22	28
Peso netto	Poids net	Peso neto	kg	14,8	16,4	23,6	26,4	33,4	37,8	42,7

Dati comuni	Données comm.	Datos comunes		1x250	1x250	2x250	2x250	3x250	3x250	4x250
Motoventilatori	Motoventilateurs	Motoventiladores	n° x Ø mm	1x250	1x250	2x250	2x250	3x250	3x250	4x250
Assorb. motov.	Absorption motov.	Intensidad absorb. motov.	A	0,47	0,47	0,94	0,94	1,41	1,41	1,88
Potenza nominale	Puissance nominale	Capacidad nominal	W	75	75	150	150	225	225	300
Capacità circuito	Capacité circuit	Capacidad circuito	dm²	1,56	2,34	2,89	4,34	4,23	6,35	8,35
Sbrin. elettrico	Dégivrage élect.	Desescarche eléctrico	W	750	750	1275	1275	1800	1800	2400
Sbrin. elettrico potenz.	Dégivrage élect. majoré	Desescarche eléctrico potenciado	W	-	-	-	-	-	-	-
Sbrin. acqua	Dégivrage eau	Desescarche agua	l/h	400	400	850	850	1200	1200	1700
Attacco scarico	Goulot décharg.	Conexión desagüe	Ø (GAS)	1	1	1	1	1	1	1
			WD vers. Ø (GAS)	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Attacco scarico	Goulot décharg.	Conexión desagüe	Ø (GAS)	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4

1 Il peso è riferito ai modelli con sbrinamento elettrico ED.

✗ Impiegare valvola termostatica con equalizzatore di pressione esterno.

• Tutti gli aerorefrigeratori sono selezionabili con il programma "Scelte".

1 Le poids fait référence aux modèles avec dégivrage électrique ED.

✗ Utiliser valve thermostatique avec égalisateur de pression externe.

• Tous les refroidisseurs d'air pouvant être sélectionnés avec le programme "Scelte".

1 El peso hace referencia a los modelos con desescarche eléctrico ED.

✗ Emplear válvula termostática con equilibrador de presión externo.

• Todos los aerorefrigeradores pueden ser seleccionados con el programa "Scelte".

Tested by TÜV NORD									Tested by TÜV SÜD				
116H3	174H3	233H3	291H3	349H3	351E4	351A4	352E4	352A4	353E4	353A4	354E4	354A4	355A4
5,88	8,81	11,8	14,7	17,6	4,2	5,1	8,6	10,3	12,9	15,5	17,4	20,7	25,83
4,87	7,3	9,74	12,2	14,6	3,51	4,21	7,11	8,52	10,71	12,81	14,39	17,11	21,39
2740	4110	5480	6850	8220	2320	2090	4630	4170	6950	6260	9270	8340	10430
14	16	18	20	22	14	13	16	15	18	17	20	19	21
3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
3,1	4,6	6,1	7,6	9,2	1,84	2,77	3,69	5,53	5,53	8,3	7,36	11,05	13,81
31,6	47,4	63,1	78,9	94,7	15,3	22,9	30,5	45,8	45,8	68,7	61,1	91,6	114,5
12	12	16	16	22	12	12	12	16	16	22	22	22	22
1/2	1/2	5/8	5/8	-	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	-	-	-	-
28	28	28	35	35	22	22	28	28	28	35	35	42	42
41,8	57,7	72,4	89,5	99,9	29	32	50	57	67	78	84	100	133

96M6	145M6	194M6	243M6	291M6	351E6	351A6	352E6	352A6	353E6	353A6	354E6	354A6	355A6
5,33	7,99	10,6	13,3	16	3,7	4,7	7,5	9,5	11,3	14,3	15,1	19	23,8
4,41	6,62	8,81	11	13,2	3,08	3,9	6,23	7,85	9,38	11,87	12,49	15,75	19,69
3130	4700	6260	7830	9400	2510	2320	5020	4630	7530	6950	10040	9270	11590
15	17	19	21	23	15	14	17	16	19	18	21	20	22
6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
3,1	4,6	6,1	7,6	9,2	1,84	2,77	3,69	5,53	5,53	8,3	7,36	11,05	13,81
19,3	28,9	38,5	48,2	57,8	10,5	15,8	21,1	31,6	31,6	47,4	42,1	63,2	79
12	12	16	16	22	12	12	12	16	16	22	22	22	22
1/2	1/2	5/8	5/8	-	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	-	-	-	-
28	28	28	35	35	22	22	28	28	28	35	35	42	42
41,3	57,2	71,4	88,5	98,9	28	31	49	56	66	76	83	98	130

Tested by TÜV NORD									Tested by TÜV SÜD				
84L8	125L8	158L8	209L8	254L8	351E8	351A8	352E8	352A8	353E8	353A8	354E8	354A8	355A8
4,73	7,08	9,04	11,8	14,2	3,2	4,2	6,4	8,4	9,7	12,6	13,2	16,9	21,1
3,92	5,86	7,49	9,76	11,8	2,64	3,45	5,31	6,96	8	10,47	11	13,97	17,46
3270	4900	6530	8180	9810	2620	2470	5250	4940	7870	7410	10500	9880	12350
16	18	20	22	24	16	15	18	17	20	19	22	21	23
8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
3,1	4,6	6,1	7,6	9,2	1,84	2,77	3,69	5,53	5,53	8,3	7,36	11,05	13,81
14,2	21,3	28,4	35,5	42,6	7,75	11,6	15,5	23,3	23,3	34,9	31	46,5	58,1
12	12	16	16	22	12	12	16	16	22	22	22	22	28
1/2	1/2	5/8	5/8	-	1/2	1/2	5/8	5/8	-	-	-	-	-
28	28	28	35	35	22	28	28	28	35	35	42	42	42
39,3	54,2	67,4	83,5	92,9	27	30	48	55	65	74	82	96	128

2x315	3x315	4x315	5x315	6x315	1x350	1x350	2x350	2x350	3x350	3x350	4x350	4x350	5x350
0,84	1,26	1,68	2,1	2,52	0,96	0,96	1,92	1,92	2,88	2,88	3,84	3,84	4,8
190	285	380	475	570	185	185	370	370	555	555	740	740	925
6,17	8,06	11,08	13,21	17,76	3,3	5,2	6,6	9,9	9,8	14,7	12,9	19,4	24,3
2700	3990	5250	6060	7200	1750	2250	3150	4050	4900	6300	6300	8100	9900
-	-	-	-	-	2000	2750	3600	4950	5600	7700	7200	9900	12100
1400	1800	2500	3200	3800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4



Tested models:
 CTE 116 H3
 CTE 115 M6
 CTE 51 L8
 CTE 158 L8



Tested models:
 CTE 352 A4
 CTE 352 E8

ANEXO 8

AISLANTE TÉRMICO PARA TUBERÍAS

Armaflex® XG

Gama de productos



Tuberías de cobre	Tuberías de hierro			Tuberías de plástico	Coquillas, 2 metros								
	Ø Exterior mm	Pulg.	Ø Exterior mm		DN	Ø Exterior mm	6 mm Ref.	9 mm Ref.	13 mm Ref.	19 mm Ref.	25 mm Ref.	32 mm Ref.	40 mm Ref.
6			6			XG-06X006	XG-09X006	XG-13X006	XG-19X006				
8			8										
10	¾	10,2	6			XG-06X010	XG-09X010	XG-13X010	XG-19X010	XG-25X010			
12		12				XG-06X012	XG-09X012	XG-13X012	XG-19X012	XG-25X012			
15	¾	13,5	8	14		XG-06X015	XG-09X015 ●	XG-13X015 ●	XG-19X015 ●	XG-25X015 ●	XG-32X015 ●		
18	¾	17,2	10	20		XG-06X018	XG-09X018	XG-13X018	XG-19X018	XG-25X018	XG-32X018		
				20			XG-09X020 ●	XG-13X020 ●	XG-19X020 ●	XG-25X020 ●	XG-32X020 ●		
	¾	21,3	15	25		XG-06X022	XG-09X022	XG-13X022	XG-19X022	XG-25X022	XG-32X022		
25		25		25		XG-06X025	XG-09X025 ●	XG-13X025 ●	XG-19X025 ●	XG-25X025	XG-32X025 ●		
28	¾	26,9	20	30		XG-06X028	XG-09X028	XG-13X028	XG-19X028	XG-25X028	XG-32X028		
				32			XG-09X032 ●	XG-13X032 ●	XG-19X032 ●	XG-25X032 ●	XG-32X032 ●		
35	1	33,7	25	40			XG-09X035	XG-13X035	XG-19X035	XG-25X035	XG-32X035		
				40			XG-09X040 ●	XG-13X040 ●	XG-19X040 ●	XG-25X040 ●	XG-32X040 ●		
42	1 ¼	42,4	32	50			XG-09X042	XG-13X042	XG-19X042	XG-25X042	XG-32X042		
		48,3		50			XG-09X048	XG-13X048	XG-19X048	XG-25X048	XG-32X048		
				50			XG-09X050 ●	XG-13X050 ●	XG-19X050 ●		XG-32X050 ●		
54		54		63			XG-09X054	XG-13X054	XG-19X054	XG-25X054	XG-32X054		
	2	60,3	50	63			XG-09X060	XG-13X060	XG-19X060	XG-25X060	XG-32X060		
64		63,5					XG-09X064 ●	XG-13X064 ●	XG-19X064 ●	XG-25X064 ●	XG-32X064 ●		
70		70											
76,1	2 ½	76,1	65	75			XG-09X076 ●	XG-13X076 ●	XG-19X076 ●	XG-25X076 ●	XG-32X076 ●		
80								XG-13X080	XG-19X080				
88,9	3	88,9	80				XG-09X089 ●	XG-13X089 ●	XG-19X089 ●	XG-25X089	XG-32X089		
	3 ¾	101,6					XG-09X102	XG-13X102	XG-19X102	XG-25X102	XG-32X102		XG-40X102
108				110			XG-09X110 ●		XG-19X110 ●	XG-25X110 ●			
	4	114,3	100	125			XG-09X114	XG-13X114	XG-19X114	XG-25X114	XG-32X114	XG-40X114	
		125		125			XG-09X125	XG-13X125	XG-19X125		XG-32X125	XG-40X125	
133													
	5	139,7	125				XG-09X140	XG-13X140	XG-19X140		XG-32X140	XG-40X140	
159				160			XG-09X160	XG-13X160	XG-19X160			XG-40X160	
	6	168,3							XG-19X168			XG-40X168	

Las referencias indicadas con ● son aptas para tuberías termoplásticas.

Consulte la lista de precios para detalles sobre la gama completa de productos y cumplimiento RITE.

Coquillas Armaflex® XG



Coquillas en rollo en espesores de 6 y 9 mm.

Planchas Armaflex® XG



Planchas estándar y autoadhesivas en espesores de 6, 9, 13, 19, 25, 32, 40 mm

Accesorios



Adhesivo Armaflex 520
Pintura protectora Armafinish 99

Datos técnicos

Breve descripción: Aislamiento térmico flexible de célula cerrada resistente a la difusión del vapor de agua y de baja conductividad térmica.

Material: Espuma elastomérica a base de caucho sintético. Color negro

Aplicaciones: Aislamiento/protección de tuberías, conductos de aire, depósitos (incl. codos, accesorios, rebordes, etc.) de instalaciones de AA / refrigeración y equipos de procesos, para impedir la formación de condensación y ahorrar energía.

Propiedades	Valores / Evaluación		Certificado prueba *1	Supervisión *2	Comentarios
Rango de temperaturas (Límites de temperatura) Temp. interior máxima Temp. interior mínima	Coquilla + 105 °C - 50 °C	Plancha en rollo + 85 °C - 50 °C	D 4597	●/○	Ensayo según DIN EN 14706, DIN EN 14707 y DIN EN 14304
Conductividad térmica λ_d [10 °C]	0,037		D 4595 D 4611	●/○ ●/○	Ensayo según DIN EN 12667 EN ISO 8497
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua μ	≥ 10.000		D 4596	●/○	Ensayo según EN 12086 y EN 13469
Reacción al fuego 1. Clase de material de construcción	B-s3, d0		FEF-E-300	●/○	Ensayo según UNE 13501-1
2. Comportamiento al fuego	Autoextinguible, no gotea, no propaga las llamas				
Insonorización (DIN 4109) Reducción de ruidos estructurales	Aislamiento eficaz hasta 30 dB(A)		D 3660		Ensayo según DIN 4109
Almacenamiento Vida en almacenamiento	Cintas autoadhesivas, planchas autoadhesivas, coquillas, tiras: 1 año		Almacenarse en salas secas y limpias con HR (50% a 70%) temp. ambiente normales (0 °C – 35 °C).		

* 1 Puede obtenerse más documentación, como certificados de pruebas, homologaciones, etc., especificando el número de registro.

* 2 ●: Supervisado

○: Control en fábrica.

* 3 Para aplicaciones a temperatura inferiores a -50 °C, consulte nuestro Dpto. Técnico.

Todos los datos y la información técnica están basados en resultados obtenidos en condiciones de uso típicas. Por su propio interés y bajo su responsabilidad, el usuario deberá consultar con Armacell para determinar si dichos datos e información son aplicables al uso final al que está destinado el producto. Encontrará las instrucciones de instalación en nuestro Manual de instalación de Armaflex. Consulte con nuestro servicio técnico antes de aislar acero inoxidable. Debe utilizar Armaflex 520 para garantizar una correcta instalación. Consulte con nuestro Servicio Técnico para más información. En el caso de instalaciones exteriores, Armaflex® XG debe ser protegido antes de 3 días, p.ej. con Armafinish 99.

ANEXO 9

VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA

Serie BA/BN

Válvulas de Expansión Termostática

Las series BA/BN son válvulas de Puerto Balanceado. Sus aplicaciones típicas incluyen: exhibidores refrigerados, enfriadores, congeladores, máquinas de hielo, y sistemas de aire acondicionado. Las series BA/BN operan sobre un amplio rango de condiciones de operación.



Características

- Construcción de Puerto Balanceado que compensa los cambios en las presiones de operación debidos a las variaciones ambientales y por otras generadas en el sistema de refrigeración.
- Elemento de poder de acero inoxidable resistente a la corrosión proporcionando una vida útil más larga.
- Tamaño compacto que permite su instalación en espacios reducidos.
- Su capacidad Bi-flujo permite controlar el sobrecalentamiento en ambos modos: calefacción y enfriamiento en aplicaciones de Bomba de Calor.
- Aplicación para alta, media y baja temperatura de evaporación.

Especificaciones

- Presión máxima de trabajo 700 psig.

Opciones

- Disponible para R134a, R22, R407C y R410A.
- Carga C para temperatura de evaporación media y alta. Carga Z para Baja Temperatura de evaporación.
- Carga CA para Bomba de Calor.
- Disponible también con carga ZW195 para sistemas con R-410A
- Igualador externo o interno.
- Disponible con igualación de tipo Bleed para compresores de tipo PSC.
- Conexiones ODF (soldar) o SAE (flare), inclusive disponible con tipo Chatleff o Aeroquip.
- Sobrecalentamiento ajustable y no ajustable.

Nomenclatura ejemplo: BAEB 1/2 HCA 5 FT 3/8 x 1/2 ODF S/T

B	A	E	B	1/2	H	CA	5 FT	3/8 x 1/2	ODF	S/T
Serie de la Válvula	Ajuste de Sobrecalentamiento	Igualador	Orificio de Sangrado (Opcional)	Capacidad Nominal de Refrigeración en Tons	Código para Refrigerante	Código de la Carga	Longitud del Tubo Capilar	Medidas de Conexión de Entrada y Salida	Tipo de Conexión	Configuración
Diseño Hermético Puerto Balanceado	A = Ajustable N = No-Ajustable	E = Externo Omitir para interno	Omitir si no es requerido	(Ver tabla de capacidades nominales abajo).	+F = R-12 • H = R-22 +M = R-134a • N = R-407C *P = R-507 *S = R-404A Z = R-410A	C = temp media CA = bomba de calor W(MOP) = limitante de presión Z = baja temp	30 IN & 5 FT (std)	1/4 x 3/8 3/8 x 1/2 1/2 x 5/8 5/8 x 7/8	SAE = flare, ODF = soldar	ANG = conexión angular 90° S/T = conexiones rectas

+ = R-12 y R-134a Son cargas intercambiables * = R-507 y R-404A son cargas intercambiables • = R-22 y R-407C son cargas intercambiables

BA/BN Series – Tabla de Capacidad Nominal en Tons

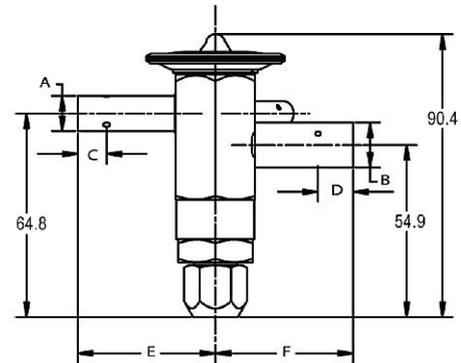
R-134a	R-22/R-407C	R-410A	R-404A/R-507
1/2	1/2	1/2	1/4
3/4	1	1	1/2
1	1½	1½	1
1½	2	2	1½
2	2½	3	1½
2½	3	3½	2
3	4	4½	2½
3½	5	6	3
3½	6	7½	4

Las capacidades mostradas (nominales), son @ 100°F (38°C) de temperatura de entrada y 40°F (4.4°C) de temperatura de salida (evaporación). Ver las tablas de capacidades extendidas para toda la gama de condiciones de operación. Estándar ARI 750.

BA/BN Datos Dimensionales (mm)

Medida de Conexión		BAE					
Entrada	Salida	A	B	C MIN	D MIN	E	F
1/4 ODF	3/8 ODF	6.4	9.7	7.9	8.1	43.2	43.9
3/8 ODF	3/8 ODF	9.7	9.7	8.1	8.1	43.9	43.9
3/8 ODF	1/2 ODF	9.7	12.7	8.1	10.4	43.9	43.9
1/2 ODF	1/2 ODF	12.7	12.7	10.4	10.4	43.9	43.9
1/2 ODF	5/8 ODF	12.7	16.0	10.4	12.7	43.9	44.5
5/8 ODF	5/8 ODF	16.0	15.5	12.7	12.7	44.5	44.5
5/8 ODF	7/8 ODF	16.0	22.4	12.7	15.7	44.5	43.9

BA(E) Diagrama Dimensional

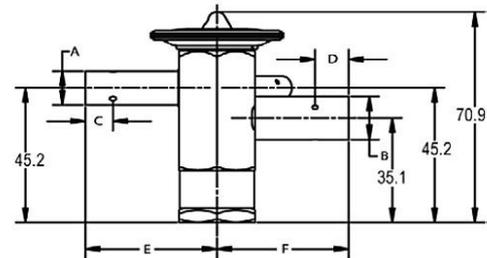


CONEXIONES ODF
CONFIGURACION RECTA SOLAMENTE

BN(E) Datos Dimensionales (mm)

Medida de Conexión		BAE					
Entrada	Salida	A	B	C MIN	D MIN	E	F
1/4 ODF	3/8 ODF	6.4	9.7	7.9	8.1	43.2	43.9
3/8 ODF	3/8 ODF	9.7	9.7	8.1	8.1	43.9	43.9
3/8 ODF	1/2 ODF	9.7	12.7	8.1	10.4	43.9	43.9
1/2 ODF	1/2 ODF	12.7	12.7	10.4	10.4	43.9	43.9
1/2 ODF	5/8 ODF	12.7	16.0	10.4	12.7	43.9	44.5
5/8 ODF	5/8 ODF	16.0	15.5	12.7	12.7	44.5	44.5
5/8 ODF	7/8 ODF	16.0	22.4	12.7	15.7	44.5	43.9

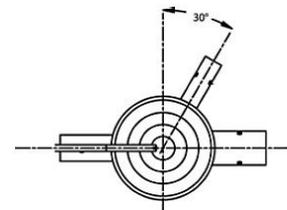
BN(E) Diagrama Dimensional



CONEXIONES ODF
CONFIGURACION RECTA SOLAMENTE

Largo del Bulbo Remoto 30" ó 5' Estándar

BA(E) & BN(E) Dimensiones del Bulbo Remoto		
Carga del Refrigerante	Largo	Diámetro
HCA, HAA	58.7	19.1
MC, MZ, MW (MOP), RW (MOP)	53.1	12.7
SC, SZ, SW (MOP)		
PC, PZ, PW (MOP)		



Vista Superior Mostrando
la Localización del Igualador Externo

Serie T

Válvulas de Expansión Termostática

La válvula serie T es de tipo desarmable, permite el intercambio de sus componentes para facilidad de servicio y versatilidad en sus capacidades, para cubrir cualquier aplicación de refrigeración, aire acondicionado y bomba de calor.

Con la remoción de los dos tornillos de unión entre la brida inferior y el elemento de poder se pueden reemplazar las partes dañadas y/o hacer las combinaciones que sean necesarias.

Características:

- Construcción desarmable para facilidad de servicio.
- Disponibles para R-134^a, R-22, R-404^a-507, R-407C
- Elemento de poder de acero inoxidable.
- Ajuste de sobrecalentamiento externo.
- Igualador externo.
- Capacidad bi-flujo



Opciones

- Elementos de poder y Ensamblajes de orificio-aguja y bridas de conexión intercambiables.
- Capacidades de 1/2 a 100 Ton.

Especificaciones

- Máxima presión de trabajo 450 psig
- Torque para los tornillos 300 Lb-pul

Nomenclatura ejemplo: TCLEB 5 HC 5 FT 3/8 x 1/2 SAE ANG

TCL	E	B	5	H	C	5 FT	3/8 x 1/2	SAE	ANG
Serie de la Válvula	Igualador	Orificio de Sangrado (opcional)	Capacidad Nominal de Refrigeración en Tons	Código para Refrigerante	Código de la Carga	Longitud del Tubo Capilar	Medidas de Conexión de Entrada y Salida	Tipo de Conexión	Configuración
Diseño Desarmable Ajustable	E = Externo (Omitir para Interno)	B = Orificio de Sangrado (Omitir si no es requerido)	(Ver tabla de Agujas de ensamble intercambiables)	+F = R-12 • H = R-22 +M = R-134a • N = R-407C *P = R-507 *R = R-502 *S = R-404A	C = temp media CA = bomba de calor W(MOP) = limitante de presión Z = baja temp	5 FT	Varias medidas disponibles (También disponible sin brida)	SAE = flare ODF = soldar	ANG = 90° angulo S/T = recta

- + = R-12 y R-134a son cargas de refrigerantes intercambiables.
- * = R-507, R-502 y R-404a son cargas de refrigerantes intercambiables.
- = R-22 y R-407C son cargas de refrigerantes intercambiables.

Serie T Salida Sencilla. Cuerpos con orificio de Sangrado para uso con Compresores PSC

Válvula	1Diametro del Orificio de Sangrado para % de Capacidad de Bypass											
	10%		15%		20%		25%		30%		40%	
	Dia (In)	Medida Barreno	Dia (In)	Medida Barreno	Dia (In)	Medida Barreno	Dia (In)	Medida Barreno	Dia (In)	Medida Barreno	Dia (In)	Medida Barreno
R-22 R-407C												
TCL1/2H	-	-	0.02	1/64	0.02	77	0.02	76	0.02	74	0.03	72
TCL1H	0.02	77	0.02	75	0.02	73	0.03	71	0.03	69	0.04	65
TCL2H	0.03	71	0.03	1/32	0.04	64	0.04	60	0.05	56	0.05	55
TCL3H	0.03	70	0.04	65	0.04	60	0.04	57	0.05	3/4	0.06	54
TCL5H	0.04	65	0.04	57	0.05	55	0.06	54	0.06	1/16	0.07	50
TCL7-1/2H	0.04	57	0.05	55	0.06	53	0.07	51	0.08	48	0.09	44
TCL10H	0.05	55	0.06	53	0.07	50	0.08	47	0.09	44	0.10	39
TCL12H	0.05	55	0.06	53	0.07	50	0.08	47	0.09	44	0.10	39

*Los tamaños de orificios de sangrado mostrados arriba, están basados en un porcentaje del área total del puerto de la válvula. Esto no necesariamente indica un porcentaje de la capacidad de la válvula que será desviada (bypass). Los tamaños de los orificios mostrados arriba, deberán ser usados para referencia solamente. La práctica normal de la industria es para una igualación del sistema entre 3 y 5 minutos.

R-134a Válvulas de Puerto Balanceado (Tons)– Series B, HF, TFE, TRAE y T

Tipo de Válvula	Capacidad Nominal	Temperatura del Evaporador																	
		50°F (10°C)						40°F (4.4°C)						20°F (-6.7°C)					
		Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)						Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)						Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)					
60	80	100	125	150	175	60	80	100	125	150	175	60	80	100	125	150	175		
BA/BN	1/2	0.37	0.43	0.48	0.53	0.59	0.63	0.37	0.43	0.48	0.53	0.59	0.63	0.35	0.40	0.45	0.51	0.55	0.60
BA/BN	3/4	0.71	0.82	0.92	1.02	1.12	1.21	0.70	0.81	0.90	1.01	1.11	1.20	0.67	0.77	0.86	0.97	1.06	1.14
BA/BN	1	1.11	1.28	1.43	1.60	1.76	1.90	1.09	1.26	1.41	1.57	1.72	1.86	1.04	1.20	1.34	1.50	1.64	1.78
BA/BN	1-1/2	1.48	1.71	1.91	2.14	2.34	2.53	1.45	1.67	1.87	2.09	2.29	2.48	1.39	1.61	1.79	2.01	2.20	2.37
BA/BN	2	1.87	2.16	2.41	2.70	2.96	3.19	1.84	2.12	2.38	2.66	2.91	3.14	1.76	2.03	2.27	2.54	2.78	3.01
BA/BN	2-1/4	2.27	2.62	2.93	3.28	3.59	3.88	2.22	2.56	2.87	3.20	3.51	3.79	2.13	2.46	2.75	3.07	3.37	3.64
BA/BN	3	2.94	3.39	3.80	4.24	4.65	5.02	2.88	3.33	3.72	4.16	4.55	4.92	2.75	3.18	3.55	3.97	4.35	4.70
BA/BN	3-1/2	3.72	4.30	4.80	5.37	5.88	6.35	3.64	4.20	4.70	5.25	5.76	6.22	3.48	4.02	4.49	5.02	5.50	5.94
BA/BN	4-1/4	4.62	5.33	5.96	6.67	7.30	7.89	4.53	5.23	5.85	6.54	7.16	7.74	4.33	5.00	5.59	6.25	6.85	7.39
HF	1/4	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.36	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.34
HF	1/2	0.40	0.46	0.52	0.58	0.63	0.68	0.39	0.45	0.50	0.56	0.62	0.67	0.37	0.43	0.48	0.53	0.59	0.63
HF	3/4	0.71	0.82	0.92	1.02	1.12	1.21	0.70	0.81	0.90	1.01	1.11	1.20	0.67	0.77	0.86	0.97	1.06	1.14
HF	1	1.09	1.26	1.41	1.57	1.72	1.86	1.06	1.22	1.37	1.53	1.68	1.81	1.02	1.18	1.32	1.47	1.61	1.74
HF	1-1/2	1.46	1.69	1.88	2.11	2.31	2.49	1.43	1.65	1.85	2.06	2.26	2.44	1.37	1.58	1.77	1.98	2.17	2.34
HF	1-3/4	1.87	2.16	2.41	2.70	2.96	3.19	1.84	2.12	2.38	2.66	2.91	3.14	1.76	2.03	2.27	2.54	2.78	3.01
HF	2-1/2	2.47	2.85	3.19	3.57	3.91	4.22	2.42	2.79	3.12	3.49	3.83	4.13	2.32	2.68	3.00	3.35	3.67	3.96
HF	4	4.40	5.08	5.68	6.35	6.96	7.51	4.31	4.98	5.56	6.22	6.81	7.36	4.12	4.76	5.32	5.95	6.51	7.04
HF	6	6.12	7.07	7.90	8.83	9.68	10.45	6.00	6.93	7.75	8.66	9.49	10.25	5.74	6.63	7.41	8.28	9.08	9.80
HF	7-1/2	7.75	8.95	10.01	11.19	12.25	13.24	7.59	8.76	9.80	10.96	12.00	12.96	7.26	8.38	9.37	10.48	11.48	12.40
HF	11	11.50	13.28	14.85	16.60	18.18	19.64	11.26	13.00	14.54	16.25	17.80	19.23	10.77	12.44	13.90	15.55	17.03	18.39
HF	14	15.13	17.47	19.53	21.84	23.92	25.84	14.82	17.11	19.13	21.39	23.43	25.31	14.18	16.37	18.31	20.47	22.42	24.22
TFE	6	6.01	6.94	7.76	8.67	9.50	10.26	5.89	6.80	7.60	8.50	9.31	10.06	5.63	6.50	7.27	8.13	8.90	9.62
TFE	8	8.23	9.50	10.62	11.88	13.01	14.06	8.06	9.31	10.41	11.63	12.74	13.77	7.71	8.90	9.95	11.13	12.19	13.17
TFE	10	10.22	11.80	13.19	14.75	16.16	17.45	10.01	11.56	12.92	14.45	15.83	17.10	9.57	11.05	12.35	13.81	15.13	16.34
TFE	15	15.60	18.01	20.14	22.52	24.67	26.64	15.28	17.64	19.73	22.05	24.16	26.10	14.61	16.87	18.86	21.09	23.10	24.95
TRAE+	9	8.84	10.21	11.41	12.76	13.98	15.10	8.66	10.00	11.18	12.50	13.69	14.79	8.29	9.57	10.70	11.97	13.11	14.16
TRAE+	13	12.89	14.88	16.64	18.61	20.38	22.01	12.63	14.58	16.31	18.23	19.97	21.57	12.08	13.95	15.60	17.44	19.10	20.63
TRAE+	14	14.39	16.62	18.58	20.77	22.75	24.58	14.09	16.27	18.19	20.34	22.28	24.06	13.48	15.57	17.40	19.46	21.31	23.02
TRAE+	22	21.81	25.18	28.16	31.48	34.48	37.25	21.36	24.66	27.58	30.83	33.77	36.48	20.43	23.59	26.38	29.49	32.30	34.89
TRAE+	30	29.98	34.62	38.70	43.27	47.40	51.20	29.36	33.90	37.90	42.38	46.42	50.14	28.09	32.44	36.26	40.54	44.41	47.97
TRAE	40	40.48	46.74	52.26	58.43	64.00	69.13	39.64	45.77	51.18	57.22	62.68	67.70	37.92	43.79	48.95	54.73	59.96	64.76
TRAE	45	44.15	50.98	57.00	63.73	69.81	75.40	43.24	49.93	55.82	62.41	68.37	73.85	41.36	47.76	53.40	59.70	65.40	70.64
TRAE	50	52.54	60.67	67.83	75.83	83.07	89.73	51.46	59.42	66.43	74.28	81.37	87.88	49.22	56.83	63.54	71.04	77.82	84.06
TJR	11	11.02	12.72	14.23	15.91	17.42	18.82	10.79	12.46	13.93	15.57	17.06	18.43	10.32	11.92	13.32	14.90	16.32	17.62
TJR	13	13.19	15.23	17.03	19.04	20.86	22.53	12.92	14.92	16.68	18.65	20.43	22.07	12.36	14.27	15.96	17.84	19.54	21.11
TER	16	16.49	19.04	21.29	23.80	26.07	28.16	16.15	18.65	20.85	23.31	25.54	27.58	15.45	17.84	19.95	22.30	24.43	26.39
TER	19	19.49	22.51	25.16	28.13	30.82	33.29	19.09	22.04	24.65	27.55	30.18	32.60	18.26	21.08	23.57	26.36	28.87	31.18
TER	25	26.23	30.29	33.86	37.86	41.47	44.80	25.69	29.66	33.17	37.08	40.62	43.87	24.58	28.38	31.73	35.48	38.86	41.98
TER	31	33.73	38.95	43.55	48.69	53.33	57.60	33.03	38.14	42.64	47.67	52.23	56.41	31.60	36.49	40.80	45.61	49.96	53.97
TIR	45	41.23	47.61	53.23	59.51	65.19	70.41	40.37	46.62	52.12	58.27	63.83	68.94	38.62	44.59	49.86	55.74	61.06	65.96
THR	55	52.47	60.59	67.74	75.73	82.96	89.61	51.38	59.33	66.33	74.16	81.24	87.75	49.15	56.75	63.45	70.94	77.71	83.94
THR	68	63.71	73.57	82.25	91.96	100.73	108.81	62.40	72.05	80.56	90.07	98.66	106.57	59.69	68.92	77.06	86.16	94.38	101.94
TMR	68	74.95	86.54	96.76	108.18	118.51	128.00	73.41	84.77	94.77	105.96	116.07	125.37	70.22	81.08	90.65	101.35	111.03	119.92

La capacidad estándar o nominal de la válvula es en base a una temperatura de evaporación de 40°F (4.4°C), temperatura de líquido 100°F (38°C), con 60 psig de Δp a través de la válvula. Conforme al estándar ARI 750-2001.

R-134a Válvulas Convencionales (Tons)– Series A y T

Tipo de Válvula	Capacidad Nominal	Temperatura del Evaporador																	
		50°F (10°C)						40°F (4.4°C)						20°F (-6.7°C)					
		Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)						Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)						Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)					
		60	80	100	125	150	175	60	80	100	125	150	175	60	80	100	125	150	175
AA/AN/AFA	1/8	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.22
AA/AN/AAC/ANC/AFA	1/4	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.43	0.24	0.28	0.31	0.35	0.38	0.41	0.23	0.27	0.30	0.33	0.36	0.39
AA/AN/AAC/ANC/AFA	1/2	0.43	0.50	0.56	0.62	0.68	0.73	0.43	0.50	0.56	0.62	0.68	0.73	0.41	0.47	0.53	0.59	0.65	0.70
AA/AN/AAC/ANC/AFA	3/4	0.70	0.81	0.90	1.01	1.11	1.20	0.68	0.79	0.88	0.98	1.08	1.16	0.65	0.75	0.84	0.94	1.03	1.11
AA/AN/AAC/ANC/AFA	1	1.00	1.15	1.29	1.44	1.58	1.71	0.98	1.13	1.27	1.41	1.55	1.67	0.93	1.07	1.20	1.34	1.47	1.59
AA/AN/AAC/ANC/AFA	1-1/2	1.47	1.70	1.90	2.12	2.32	2.51	1.44	1.66	1.86	2.08	2.28	2.46	1.38	1.59	1.78	1.99	2.18	2.36
AA/AN/AAC/ANC/AFA	2	2.06	2.38	2.66	2.97	3.26	3.52	2.02	2.33	2.61	2.92	3.19	3.45	1.93	2.23	2.49	2.79	3.05	3.30
AA/AN/AAC/ANC/AFA	2-1/2	2.53	2.92	3.27	3.65	4.00	4.32	2.47	2.85	3.19	3.57	3.91	4.22	2.37	2.74	3.06	3.42	3.75	4.05
AA/AN/AAC/ANC/AFA	3	3.00	3.46	3.87	4.33	4.74	5.12	2.94	3.39	3.80	4.24	4.65	5.02	2.81	3.24	3.63	4.06	4.44	4.80
AA/AN/AAC/ANC/AFA	4	4.10	4.73	5.29	5.92	6.48	7.00	4.02	4.64	5.19	5.80	6.36	6.87	3.84	4.43	4.96	5.54	6.07	6.56
TCLÉ	1/4	0.37	0.43	0.48	0.53	0.59	0.63	0.37	0.43	0.48	0.53	0.59	0.63	0.35	0.40	0.45	0.51	0.55	0.60
TCLÉ	3/4	0.70	0.81	0.90	1.01	1.11	1.20	0.69	0.80	0.89	1.00	1.09	1.18	0.66	0.76	0.85	0.95	1.04	1.13
TCLÉ	1-1/2	1.42	1.64	1.83	2.05	2.25	2.43	1.39	1.61	1.79	2.01	2.20	2.37	1.33	1.54	1.72	1.92	2.10	2.27
TCLÉ	2-1/2	2.62	3.03	3.38	3.78	4.14	4.47	2.57	2.97	3.32	3.71	4.06	4.39	2.46	2.84	3.18	3.55	3.89	4.20
TCLÉ	3-1/2	3.82	4.41	4.93	5.51	6.04	6.52	3.74	4.32	4.83	5.40	5.91	6.39	3.58	4.13	4.62	5.17	5.66	6.11
TCLÉ	5-1/2	5.55	6.41	7.17	8.01	8.78	9.48	5.43	6.27	7.01	7.84	8.59	9.27	5.20	6.00	6.71	7.51	8.22	8.88
TCLÉ	7-1/2	7.65	8.83	9.88	11.04	12.10	13.06	7.49	8.65	9.67	10.81	11.84	12.79	7.16	8.27	9.24	10.33	11.32	12.23
TCLÉ	9	9.22	10.65	11.90	13.31	14.58	15.75	9.03	10.43	11.66	13.03	14.28	15.42	8.64	9.98	11.15	12.47	13.66	14.76
TJL	9	8.17	9.43	10.55	11.79	12.92	13.95	8.00	9.24	10.33	11.55	12.65	13.66	7.65	8.83	9.88	11.04	12.10	13.06
TJL	11	10.42	12.03	13.45	15.04	16.48	17.80	10.20	11.78	13.17	14.72	16.13	17.42	9.76	11.27	12.60	14.09	15.43	16.67

La capacidad estándar o nominal de la válvula es en base a una temperatura de evaporación de 40°F (4.4°C), temperatura de líquido 100°F (38°C), con 60 psig de Δp a través de la válvula. Conforme al estándar ARI 750-2001.

Tipo de Válvula	Capacidad Nominal	Temperatura del Evaporador																	
		0°F (-17.8°C)						-20°F (-28.9°C)						-40°F (-40°C)					
		Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)						Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)						Caída de Presión a Través de la Válvula (PSI)					
		60	80	100	125	150	175	80	100	125	150	175	200	80	100	125	150	175	200
AA/AN/AFA	1/8	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08
AA/AN/AAC/ANC/AFA	1/4	0.19	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.14	0.16	0.18	0.19	0.21	0.22	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
AA/AN/AAC/ANC/AFA	1/2	0.34	0.39	0.44	0.49	0.54	0.58	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.15	0.17	0.19	0.21	0.22	0.24
AA/AN/AAC/ANC/AFA	3/4	0.54	0.62	0.70	0.78	0.85	0.92	0.40	0.45	0.50	0.55	0.59	0.63	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40
AA/AN/AAC/ANC/AFA	1	0.77	0.89	0.99	1.11	1.22	1.32	0.57	0.64	0.71	0.78	0.84	0.90	0.35	0.39	0.44	0.48	0.52	0.55
AA/AN/AAC/ANC/AFA	1-1/2	1.13	1.30	1.46	1.63	1.79	1.93	0.85	0.95	1.06	1.16	1.26	1.34	0.52	0.58	0.65	0.71	0.77	0.82
AA/AN/AAC/ANC/AFA	2	1.59	1.84	2.05	2.29	2.51	2.72	1.19	1.33	1.49	1.63	1.76	1.88	0.73	0.82	0.91	1.00	1.08	1.15
AA/AN/AAC/ANC/AFA	2-1/2	1.95	2.25	2.52	2.81	3.08	3.33	1.45	1.62	1.81	1.99	2.14	2.29	0.89	1.00	1.11	1.22	1.32	1.41
AA/AN/AAC/ANC/AFA	3	2.31	2.67	2.98	3.33	3.65	3.95	1.72	1.92	2.15	2.36	2.54	2.72	1.06	1.19	1.33	1.45	1.57	1.68
AA/AN/AAC/ANC/AFA	4	3.16	3.65	4.08	4.56	5.00	5.40	2.36	2.64	2.95	3.23	3.49	3.73	1.45	1.62	1.81	1.99	2.14	2.29
TCLÉ	1/4	0.29	0.33	0.37	0.42	0.46	0.50	0.22	0.25	0.28	0.30	0.33	0.35	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.21
TCLÉ	3/4	0.54	0.62	0.70	0.78	0.85	0.92	0.41	0.46	0.51	0.56	0.61	0.65	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40
TCLÉ	1-1/2	1.10	1.27	1.42	1.59	1.74	1.88	0.82	0.92	1.03	1.12	1.21	1.30	0.50	0.56	0.63	0.68	0.74	0.79
TCLÉ	2-1/2	2.02	2.33	2.61	2.92	3.19	3.45	1.51	1.69	1.89	2.07	2.23	2.39	0.93	1.04	1.16	1.27	1.38	1.47
TCLÉ	3-1/2	2.95	3.41	3.81	4.26	4.66	5.04	2.20	2.46	2.75	3.01	3.25	3.48	1.35	1.51	1.69	1.85	2.00	2.13
TCLÉ	5-1/2	4.28	4.94	5.53	6.18	6.77	7.31	3.19	3.57	3.99	4.37	4.72	5.04	1.96	2.19	2.45	2.68	2.90	3.10
TCLÉ	7-1/2	5.90	6.81	7.62	8.52	9.33	10.08	4.40	4.92	5.50	6.02	6.51	6.96	2.70	3.02	3.38	3.70	3.99	4.27
TCLÉ	9	7.11	8.21	9.18	10.26	11.24	12.14	5.30	5.93	6.63	7.26	7.84	8.38	3.26	3.64	4.08	4.46	4.82	5.15
TJL	9	6.30	7.27	8.13	9.09	9.96	10.76	4.70	5.25	5.88	6.44	6.95	7.43	2.89	3.23	3.61	3.96	4.27	4.57
TJL	11	8.03	9.27	10.37	11.59	12.70	13.71	5.99	6.70	7.49	8.20	8.86	9.47	3.68	4.11	4.60	5.04	5.44	5.82

ANEXO 10

VÁLVULAS SOLENOIDE

100RB

Válvulas Solenoide y Bobinas

La 100RB es una válvula solenoide de acción directa de dos vías, normalmente cerrada, para aplicación en líneas de líquido o descarga, para sistemas de refrigeración comercial de pequeña capacidad.

Características

- Conexiones SAE (flare) y ODF con extensiones de cobre (soldar).
- La válvula solenoide y la bobina se surten por separado (terminación VLC). Está también disponible con la bobina incluida, tipo AMG con voltaje dual (120/240 V, 50/60 Hz).
- O'ring de PTFE para un sellado externo superior

Importante

Seleccionar la válvula solenoide para líquido por la capacidad en tons. y tipo de refrigerante. Seleccionar una válvula de capacidad muy sobrada ocasionará malfuncionamiento de la válvula, o una de capacidad muy limitada ocasionará una pérdida significativa de la capacidad del sistema.



Especificaciones

- Temp. máxima de fluido: 122°C (250 °F)
- Presión máxima de trabajo: 500 psig
- MOPD: 300 psig
- Número UL/CUL: MP604

Nota: No es recomendable el montaje con el casquillo magnético en posición diferente >90° sobre su vertical.

Nomenclatura ejemplo: 100RB 2F2 VLC

100R	B	2	F	2	VLC
Serie de Válvula	Tipo Diseño	Tamaño del Puerto (en 1/16")	Tipo de Conexión F = SAE S = ODF	Medida de Conexión (en 1/8")	Válvula sin Bobina

Información para ordenar y Tabla de Capacidad Nominal para Líquido – Tons

SIN BOBINA (VLC)		CON BOBINA INCLUIDA			Medida de Conexión	R-134a	R-22	R-407C	R-404A/R-507	Cantidad por Caja
PCN	Modelo	Código México	PCN	Modelo						
047503	100RB 2S2 VLC	5500	056595	100RB 2S2	1/4" ODF	1.2	1.27	1.21	.85	6
047504	100RB 2S3 VLC	5501	010865	100RB 2S3	3/8" ODF					6
047505	100RB 2S4 VLC	5502	062032	100RB 2S4	1/2" ODF					6
047500	100RB 2F2 VLC	5503	010112	100RB 2F2	1/4" SAE					6
047501	100RB 2F3 VLC	5504	010113	100RB 2F3	3/8" SAE					6

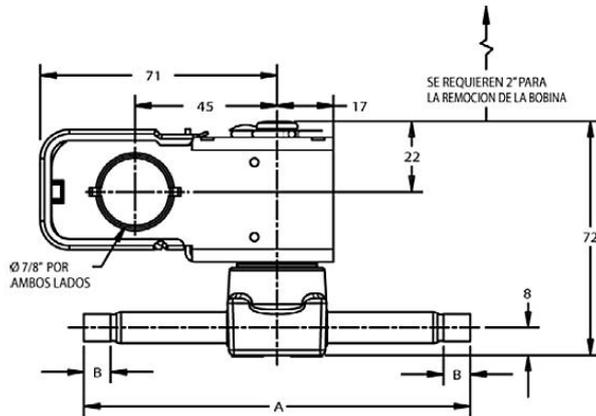
Capacidades basadas en 100°F de líquido y 40°F de temperatura saturada de evaporación conforme a ARI standard 760-87.

* Ver las tablas de capacidades extendidas para un amplio rango de condiciones.

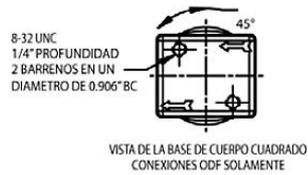
100RB

Válvulas Solenoide y Bobinas

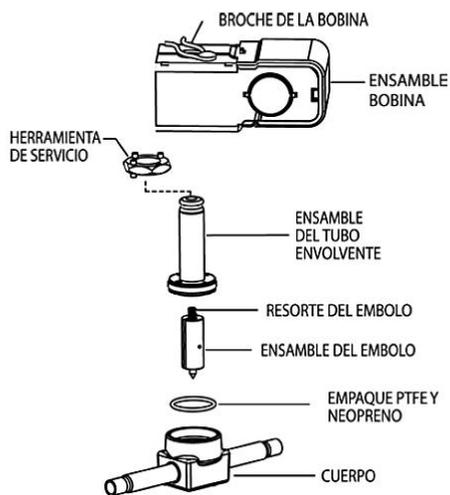
Datos Dimensionales (mm)



Válvula	Medida de Conexión	A	B
100RB 2S2 VLC	1/4 ODF	118	8
100RB 2S3 VLC	3/8 ODF	118	8
100RB 2S4 VLC	1/2 ODF	118	10
100RB 2F2 VLC	1/4 SAE	79	-
100RB 2F3 VLC	3/8 SAE	88	-



Vista de la Válvula por Partes



200RB

Válvulas Solenoide y Bobinas

Aplicación

La 200RB es una válvula solenoide operada por piloto, de dos vías, normalmente cerrada para aplicación de líneas de líquido, gas de descarga y gas de succión en sistemas de refrigeración comercial y aire acondicionado.

Características

- Conexiones SAE (flare) y ODF con extensiones de cobre (soldar).
- La válvula solenoide y la bobina se surten por separado (terminación VLC). Está también disponible con la bobina incluida, tipo AMG con voltaje dual (120/240 V, 50/60 Hz).
- Baja presión diferencial requerida para apertura completa
- Opcional: con vástago de apertura manual
- Un mismo tamaño de bobina para todos los tamaños de válvulas

Opciones

- 8 Orificios disponibles
- Vástago manual, o tornillo de montaje



Especificaciones

- Temperatura máxima de fluido: 122 °C (250°F)
- Máxima presión de trabajo: 500 psig
- Mínima caída de presión de operación: 2 psig
- MOPD: 300 psig
- Número UL/CUL: MP604

Nomenclatura ejemplo: 200RB 4T3M VLC

200R	B	4	T	3	M	VLC
Serie de Válvula	Tipo diseño	Tamaño del puerto (1/16")	Tipo de conexión: F = flare (SAE) S = soldar (ODF) T = ext. de cobre soldables	Tamaño de conexión (1/8")	M = vástago manual T = tornillo de montaje (M y T opcional)	Válvula sin Bobina

Información para ordenar y Tabla de Capacida Nominal para Líquido – Tons

Válvulas Con Bobina*		Válvulas Sin Bobina (VLC)			Descripción	Medida de Conexión	R-134a	R-22	R-407C	R-404A/R-507	Cantidad por Caja
PCN	Código México	PCN Válvula Estándar	PCN Con Tornillo de Montaje ¹	PCN Con Vástago Manual ²							
064418	5507	053106	-	-	200RB 2 T 3	3/8 ODF	2.7	3.6	3.4	1.9	6
010862	5513	-	056438	-	200RB 3 F 3	3/8 SAE					6
010583	5514	052727	-	-	200RB 3 F 4	1/2 SAE					6
064419	5510	-	049585	-	200RB 3 T 3	3/8 ODF	3.6	4.8	4.5	2.5	6
062556	5511	049692	-	-	200RB 3 T 4	1/2 ODF					6
010114	5519	-	047508	-	200RB 4 F 3	3/8 SAE					6
059626	5520	-	049162	-	200RB 4 T 3	3/8 ODF					6
057303	5521	-	049163	-	200RB 4 T 4	1/2 ODF	6.0	8.0	7.5	4.2	6
062143	6711	-	058045	-	200RB 4 T 5	5/8 ODF					6
053186	5531	-	047521	-	200RB 5 F 4	1/2 SAE					6
053187	5532	-	047523	-	200RB 5 F 5	5/8 SAE					6
062096	5534	-	-	-	200RB 5 T 4	1/2 ODF	6.2	8.2	7.7	4.3	6
057215	5535	-	049165	-	200RB 5 T 5	5/8 ODF					6
010116	5544	-	047531	-	200RB 6 F 4	1/2 SAE					6
010118	5545	-	047534	047533	200RB 6 F 5	5/8 SAE					6
059627	5547	-	047546	-	200RB 6 T 4	1/2 ODF	7.2	9.5	8.9	5.0	6
062095	5548	-	047548	047547	200RB 6 T 5	5/8 ODF					6
-	-	-	064562	-	200RB 7 T 5	5/8 ODF					6
-	-	-	064284	-	200RB 7 T 7	7/8 ODF	12.7	17.0	16.2	9.1	6
-	-	064767	-	-	200RB 9 T 9	1 1/8 ODF	23.6	30.5	29.0	16.4	6
-	-	-	064766	-	200RB 9 T 7	7/8 ODF	28.9	30.5	29.0	20.1	6
-	-	-	064823	-	200RB 12 T 9	1-1/8 ODF	33.2	34.9	33.2	23.0	6

¹ Agregue "T" al final de la descripción para tornillo de montaje o sujeción.

² Agregue "M" al final de la descripción para vástago manual.

* Las válvulas para México incluyen la bobina AMG de 120/240 V, 50/60 Hz con caja de conexiones.

Capacidades basadas en 100°F de líquido y 40°F de temperatura saturada de evaporación conforme a ARI standard 760-87.

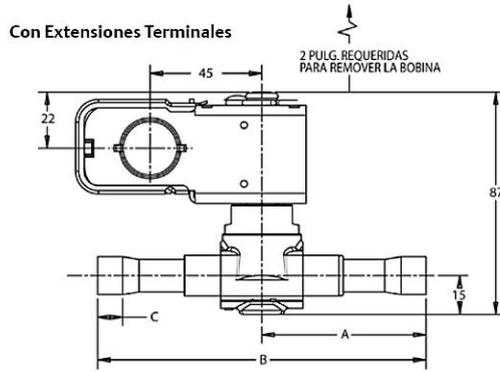
Todas las capacidades están basadas en diámetros de conexión grandes.

Ver las tablas de capacidades extendidas para un amplio rango de condiciones.

200RB

Válvulas Solenoide y Bobinas

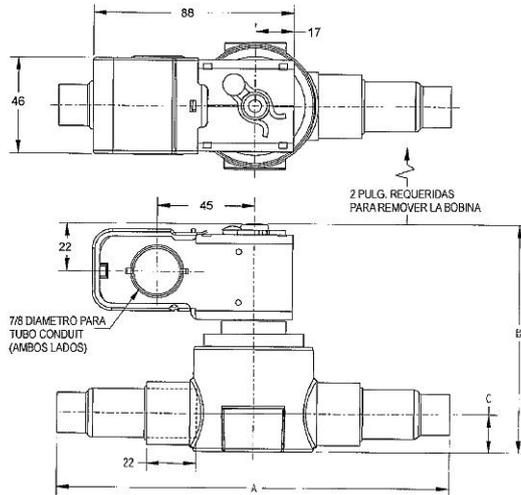
200RB2-6 Datos Dimensionales (mm)



Con Extensiones Terminales

Válvula	Puerto	Medida y Estilo de Conex.	A	B	C
200RB 2T3	1/8	3/8 ODF	61	117	8
200RB 3T3	3/16	3/8 ODF			8
200RB 3T4		1/4	1/2 ODF	64	127
200RB 4T4	5/8 ODF		3/8 ODF	83	165
200RB 4T5		5/16		1/2 ODF	59
200RB 5T3	5/8 ODF		3/8 ODF	64	127
200RB 5T4		3/8	1/2 ODF	83	165
200RB 5T5	3/8 ODF		5/8 ODF	59	117
200RB 6T3		1/2 ODF	3/8 ODF	64	127
200RB 6T4	5/8 ODF		1/2 ODF	83	165
200RB 6T5					

200RB7, 9 y 12 Datos Dimensionales (mm)



Válvula	Puerto	Medida y Estilo de Conex.	A	B	C
200RB7S5	7/16	5/8 ODF x 7/8 ODM	76	94	13
200RB7T5		5/8 ODF x 5/8 ODF	175		
200RB7T7		7/8 ODF x 7/8 ODF	181		
200RB9T5	9/16	5/8 ODF x 5/8 ODF	175	103	17
200RB9T6		3/4 ODF x 3/4 ODF	187		
200RB9T7		7/8 ODF x 7/8 ODF	181		
200RB9T9	3/4	1 1/8 ODF x 1 1/8 ODF	216	191	
200RB12T7		7/8 ODF x 7/8 ODF	191		
200RB12T9		1 1/8 ODF x 1 1/8 ODF	216		

Capacidades para Línea de Líquido

Tablas de Capacidades Solenoide

Tons				
CAPACIDADES LINEA DE LIQUIDO				
Caída de Presión a Través de la Válvula - psi				
VÁLVULA SERIE	2	3	4	5
R-22				
100RB	1.04	1.27	1.47	1.64
200RB/200RD 2	2.94	3.60	4.16	4.65
200RB/200RD 3	3.92	4.80	5.54	6.19
200RB/200RD 4	6.49	7.95	9.18	10.26
200RB/200RD 5	6.71	8.22	9.49	10.61
200RB/200RD 6	7.74	9.48	10.95	12.24
200RB/200RD 7	13.50	17.00	18.75	27.85
200RB/200RD 9	13.50	17.00	18.75	27.85
200RB/200RD 12	28.50	34.90	40.30	45.10
240RA 8	12.70	15.60	18.00	20.10
240RA 9T (5/8)	19.00	23.30	26.90	30.10
240RA 9T (7/8, 1 1/2)	24.90	30.50	35.20	39.40
240RA 12	28.50	34.90	40.30	45.10
240RA 16	47.40	58.00	67.00	74.90
240RA 20	77.90	95.40	110.20	123.20
R-134a				
100RB	0.96	1.20	1.40	1.50
200RB/200RD 2	2.72	3.33	3.85	4.30
200RB/200RD 3	3.62	4.44	5.12	5.73
200RB/200RD 4	6.00	7.35	8.49	9.49
200RB/200RD 5	6.21	7.60	8.78	9.82
200RB/200RD 6	7.16	8.77	10.13	11.32
200RB/200RD 7	12.68	15.93	18.39	20.56
200RB/200RD 9	22.50	27.35	32.00	35.65
200RB/200RD 12	27.10	33.20	38.30	42.80
240RA 8	12.10	14.80	17.10	19.10
240RA 9T (5/8)	18.00	22.00	25.50	28.50
240RA 9T (7/8, 1 1/2)	23.60	28.90	33.40	37.30
240RA 12	27.10	33.20	38.30	42.80
240RA 16	45.00	55.10	63.60	71.20
240RA 20	70.90	86.80	100.30	112.10

NOTE: El sombreado indica las capacidades estándar ARI.
 Todas las capacidades están basadas en una Temperatura de Evaporación de 40°F (4.4°C) y una Temperatura del Líquido de 100°F (38°C).

Tons				
CAPACIDADES LINEA DE LIQUIDO				
Caída de Presión a Través de la Válvula - psi				
VÁLVULA SERIE	2	3	4	5
R-404A/R-507				
100RB	0.70	0.85	1.00	1.10
200RB/200RD 2	1.90	2.32	2.68	3.00
200RB/200RD 3	2.52	3.09	3.57	4.00
200RB/200RD 4	4.18	5.12	5.92	6.61
200RB/200RD 5	4.33	5.30	6.12	6.84
200RB/200RD 6	4.99	6.11	7.06	7.89
200RB/200RD 7	9.06	11.10	12.81	14.33
200RB/200RD 9	14.90	18.25	21.05	24.15
200RB/200RD 12	18.80	23.00	26.65	29.74
240RA 8	8.40	10.30	11.90	13.30
240RA 9T (5/8)	12.50	15.30	17.70	19.80
240RA 9T (7/8, 1 1/2)	16.40	20.10	23.20	25.90
240RA 12	18.80	23.00	26.60	29.70
240RA 16	31.30	38.30	44.20	49.40
240RA 20	53.60	65.70	75.90	84.80
R-407C				
100RB	1.00	1.21	1.40	1.60
200RB/200RD 2	2.77	3.39	3.91	4.38
200RB/200RD 3	3.68	4.51	5.21	5.82
200RB/200RD 4	6.11	7.48	8.64	9.66
200RB/200RD 5	6.31	7.73	8.93	9.98
200RB/200RD 6	7.28	8.92	10.30	11.52
200RB/200RD 7	13.10	16.15	18.65	20.65
200RB/200RD 9	22.85	27.95	32.05	36.15
200RB/200RD 12	27.10	33.20	38.30	42.90
240RA 8	12.10	14.80	17.10	19.10
240RA 9T (5/8)	18.00	22.10	25.50	28.50
240RA 9T (7/8, 1 1/2)	23.70	29.00	33.50	37.40
240RA 12	27.10	33.20	38.30	42.90
240RA 16	45.10	55.20	63.70	71.30
240RA 20	74.10	90.80	104.80	117.20
R-410A				
200RD 2	2.76	3.38	3.90	4.36
200RD 3	3.67	4.50	5.19	5.80
200RD 4	6.09	7.45	8.61	9.62
200RD 5	6.29	7.71	8.90	9.95
200RD 6	7.26	8.89	10.27	11.48
200RD 7	12.20	15.70	18.10	20.10
200RD 9	22.35	27.75	32.05	36.15
200RD 12	23.75	29.10	33.50	37.60

ANEXO 11

VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN DE EVAPORADOR

▼ VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN DE EVAPORADOR

La línea de válvulas reguladoras de presión de evaporador (válvulas EPR por su abreviatura en Inglés, Evaporator Pressure Regulating Valves) son diseñadas para proveer un medio preciso y económico de balancear la capacidad del sistema con la demanda de la carga térmica durante los períodos de baja carga, y/o para mantener diferentes temperaturas (presiones) de evaporador en sistemas con evaporadores múltiples a diferentes temperaturas. Estas válvulas controlan la temperatura del evaporador indirectamente controlando la presión del evaporador. A medida que la carga térmica del evaporador aumenta la válvula ORI abre (Open) al subir (Rise) la presión de entrada (Inlet) por encima de la presión del ajuste de la válvula para proveer una mayor capacidad de flujo para cumplir con la carga térmica. Cuando la carga térmica del evaporador disminuye, la válvula cierra y modula para mantener el ajuste de presión de la válvula.

Sporlan ofrece válvulas reguladoras de presión de evaporador en varios tamaños y con características opcionales para casi cualquier requerimiento de la industria. Para una mayor información de las válvulas EPR consulte con su Distribuidor o contacte a su Ingeniero de Ventas.

Aplicaciones

- Mantener una temperatura de evaporador mínima para evitar la escarcha en serpentines de aire y un mejor control de la humedad.
- Control de temperatura de evaporador en vitrinas refrigeradas para alimentos (sistemas de evaporador único y evaporadores múltiples)
- Control de temperatura de evaporador en enfriadores de agua.

Información Requerida para la Selección:

- Tipo de refrigerante
- Capacidad de diseño del evaporador
- Temperatura de diseño del evaporador o presión mínima de evaporador
- Caída de presión disponible

Capacidades – Toneladas

Capacidades basadas en 38°C de temperatura de condensador, 0°C de subenfriamiento, 6°C de recalentamiento, 8 psi de cambio en la presión del evaporador para el rango de ajuste de presión de 5/50 y 12 psi de cambio en la presión del evaporador para el rango del ajuste de presión de 30/100.

Vacío - Pulgadas de Mercurio - Valores en Cursiva

VÁLVULA TIPO	TEMPERATURA DE EVAPORADOR °C	PRESIÓN DE SATURACIÓN - psig (Referencia)		REFRIGERANTE															
		REFRIGERANTE				CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA VÁLVULA – psi													
		22	134a	404A	507	22		134a		404A		507							
ORIT-6	5	70.0	36.0	87.5	91.6	1.27	1.92	2.47	0.95	1.36	1.59	1.11	1.68	2.20	1.10	1.66	2.18		
	-10	36.8	14.4	48.2	51.0	0.94	1.36	1.63	0.65	0.85	0.87	0.80	1.17	1.43	0.79	1.16	1.43		
	-20	20.9	4.60	29.2	31.3	0.75	1.03	1.12	0.48	0.55	0.55	0.62	0.87	0.97	0.61	0.87	0.99		
	-30	9.1	2.4	15.0	16.4	0.58	0.73	0.73	0.33	0.34	0.34	0.46	0.61	0.62	0.46	0.61	0.63		
ORIT-10	5	70.0	36.0	87.5	91.6	3.15	4.94	6.89	2.41	3.76	5.18	2.74	4.31	6.02	2.70	4.23	5.92		
	-10	36.8	14.4	48.2	51.0	2.38	3.72	5.13	1.72	2.65	3.58	2.00	3.12	4.32	1.97	3.08	4.27		
	-20	20.9	4.6	29.2	31.3	1.94	3.00	4.10	1.34	2.04	2.68	1.58	2.45	3.36	1.56	2.43	3.34		
	-30	9.1	2.4	15.0	16.4	1.55	2.37	4.00	1.02	1.51	1.88	1.22	1.88	2.54	1.21	1.87	2.54		

ORIT – Nomenclatura de la Válvula / Instrucciones al Ordenar

ORI	T	6	0/50	7/8" ODF
Válvula Tipo: Abre al Aumentar la Presión de Entrada	Válvula de Acceso en la Conexión de Entrada	Tamaño del Puerto en 1/8 de pulgada	Rango de Ajuste de Presión - psig*	Conexión ODF Soldar o SAE Roscar (Flare)

- Cambio de la presión de evaporador permisible (Aplica solamente a los tipos de acción directa)

Características de las ORIT-6 y ORIT-10

- De acción directa (más económica)
- Ajustable
- Construcción hermética. Sin empaques o sellos
- Construcción resistente a la corrosión
- Válvula para medición de la presión de entrada (estándar)
- Filtro de malla en la entrada (estándar en modelos ODF para soldar)



Estas válvulas reguladoras de presión de evaporador de acción directa se ofrecen en dos tamaños. El modelo de acción directa, a pesar de ser económico, requiere un cambio de presión del evaporador mayor que el ajuste mínimo de presión de evaporador para poder suministrar la capacidad de flujo mostrada en las tablas de capacidad. Los valores de capacidad nominales están basados en un cambio de presión de 8 psi para el rango de ajuste de 0/50 psig y 12 psi para el rango de ajuste de 30/100 psig. Las válvulas deben seleccionarse para el máximo cambio de presión de evaporador usando los multiplicadores de capacidad mostrados a continuación.

CAMBIO PERMISIBLE EN LA PRESIÓN DE EVAPORADOR – psi		2	4	6	8	10	12	14
MULTIPLICADOR	ORIT-6, 10-0/50	0.3	0.6	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
DE CAPACIDAD	ORIT-6, 10-30/100	—	0.2	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1

Especificaciones

VÁLVULA TIPO	TAMAÑO DEL PUERTO mm	RANGO DE AJUSTE	CONEXIONES ESTÁNDAR en NEGRITA
ORIT-6	19.1	0/50 ó 30/100	1/2 y 5/8 SAE Roscar* 1/2, 5/8, 7/8 y 1-1/8 ODF Soldar
ORIT-10	30.9		7/8, 1-1/8 y 1-3/8 ODF Soldar

*No está disponible con Filtro de Malla en la conexión de entrada.

ANEXO 12

TERMOSTATOS



Folleto técnico

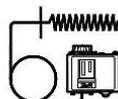
Termostatos, Tipo KP

Datos técnicos
(continuación)

Properties according to EN 60947:

Dimensiones de cable sólido/ trenzado flexible, con/sin tapa flexible, sin tapa	0.75 - 2.5 mm ² 0.7 - 2.5 mm ² 0.5 - 1.5 mm ²
Par de apriete	max. 2 Nm
Tensión de choque media	4 kV
Grado de contaminación	3
Fusible protección conrtocircuito	16 Amp
Aislamiento	400 V
IP	30/44

Pedidos



Carga	Tipo	Tipo de bulbo	Gama de regulación °C	Diferencial Δt		Rearme	Temp. máx. del bulbo °C	Longitud del tubo capilar m	N° de código
				La temp. más baja °C	La temp. más alta °C				
Vapor ¹⁾	KP 61	A	-30 → 15	5.5 → 23	1.5 → 7	aut.	120	2	060L110066
	KP 61	A	-30 → 15	5.5 → 23	1.5 → 7	aut.	120	5	060L110166
	KP 61	B	-30 → 13	4.5 → 23	1.2 → 7	aut.	120	2	060L110266
	KP 61	B	-30 → 15	5.5 → 23	1.5 → 7	aut.	120	2	060L110366 ³⁾
	KP 61	B	-30 → 15	5.5 → 23	1.5 → 7	aut.	120	2	060L112866 ³⁾⁴⁾
	KP 61	A	-30 → 15	Fijo 6	Fijo 2	min.	120	5	060L110466
	KP 61	B	-30 → 15	Fijo 6	Fijo 2	min.	120	2	060L110566
	KP 62	C 1	-30 → 15	6.0 → 23	1.5 → 7	aut.	120		060L110666
	KP 63	A	-50 → -10	10.0 → 70	2.7 → 8	aut.	120	2	060L110766
	KP 63	B	-50 → -10	10.0 → 70	2.7 → 8	aut.	120	2	060L110866
Adsorción ²⁾	KP 68	C 1	-5 → 35	4.5 → 25	1.8 → 7	aut.	120		060L111166
	KP 69	B	-5 → 35	4.5 → 25	1.8 → 7	aut.	120	2	060L111266
	KP 62	C 2	-30 → 15	5.0 → 20	2.0 → 8	aut.	80		060L111066 ³⁾⁴⁾
	KP 71	E 2	-5 → 20	3.0 → 10	2.2 9	aut.	80	2	060L111366
	KP 71	E 2	-5 → 20	Fijo 3	Fijo 3	min.	80	2	060L111566
	KP 73	E 1	-25 → 15	12.0 → 70	8.0 → 25	aut.	80	2	060L111766
	KP 73	D 1	-25 → 15	4.0 → 10	3.5 → 9	aut.	80	2	060L111866 ³⁾
	KP 73	D 1	-25 → 15	Fijo 3.5	Fijo 3.5	min.	80	2	060L113866
	KP 73	D 2	-20 → 15	4.0 → 15	2.0 → 13	aut.	55	3	060L114066
	KP 73	D 1	-25 → 15	3.5 → 20	3.25 → 18	aut.	80	2	060L114366
	KP 75	F	0 → 35	3.5 → 16	2.5 → 12	aut.	110	2	060L112066
	KP 75	E 2	0 → 35	3.5 → 16	2.5 → 12	aut.	110	2	060L113766
	KP 77	E 3	20 → 60	3.5 → 10	3.5 → 10	aut.	130	2	060L112166
	KP 77	E 3	20 → 60	3.5 → 10	3.5 → 10	aut.	130	3	060L112266
	KP 77	E 2	20 → 60	3.5 → 10	3.5 → 10	aut.	130	5	060L116866
	KP 79	E 3	50 → 100	5.0 → 15	5.0 → 15	aut.	150	2	060L112666
	KP 81	E 3	80 → 150	7.0 → 20	7.0 → 20	aut.	200	2	060L112566
	KP 81	E 3	80 → 150	Fijo 8	Fijo 8	max.	200	2	060L115566
KP 98	E 2	OIL: 60 → 120	OIL: Fijo 14	OIL: Fijo 14	max.	150	1	060L113166	
	E 2	HT: 100 → 180	HT: Fijo 25	HT: Fijo 25	max.	250	2		

¹⁾ El bulbo tiene que estar siempre más frío que la caja del termostato y el tubo capilar. En estas condiciones, el termostato regula con independencia de la temperatura ambiente.

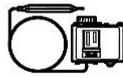
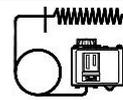
²⁾ El bulbo puede estar más frío o más caliente que la caja del termostato y el tubo capilar, pero las variaciones en la temperatura ambiente respecto a +20 °C influirán en la precisión de la escala.

³⁾ Con conmutador manual, sin conmutador de aislamiento.

⁴⁾ Modelo para montaje en panel con placa superior.

Pedidos
 (continuación)

Tipos de bulbos de los termostatos

A		Tubo capilar recto
B		Tubo capilar remoto para aire, $\varnothing 9.5 \times 70$ mm
C		C1: Sensor para aire $\varnothing 40 \times 30$ mm C2: Sensor para aire $\varnothing 25 \times 67$ mm (incorporado en el termostato)
D		D1: Bulbo remoto de contacto doble $\varnothing 10 \times 85$ mm D2: Bulbo remoto de contacto doble $\varnothing 16 \times 170$ mm Nota! no puede utilizarse en vaina de sensor (bulo)
E		E1: Sensor remoto de conducto $\varnothing 6.4 \times 95$ mm E2: Sensor remoto de conducto $\varnothing 9.5 \times 115$ mm E3: Sensor remoto de conducto $\varnothing 9.5 \times 85$ mm
F		Sensor remoto de conducto $\varnothing 25 \times 125$ mm

ANEXO 13

PRESOSTATOS



Folleto técnico

Presostato, tipo KP

Presión	Tipo	Baja presión (LP)		Alta presión (HP)		Rearme		Sistema de contacto	Código		
		Rango de regulación [bar]	Δp diferencial [bar]	Rango de regulación [bar]	Δp diferencial [bar]	Baja presión LP	Alta presión HP		Conexión		
									1/4 in 6 mm, roscar	1/4 in ODF, soldar	6 mm ODF, soldar
Baja	KP 1	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	—	—	Auto.	—	SPDT	060-110166 ³⁾	060-111266 ³⁾	060-111066 ³⁾
Baja	KP 1	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	—	—	Auto.	—	SPDT	060-114166 ¹³⁾	—	—
Baja	KP 1	-0,9 – 7,0	0,7	—	—	Man. (mín.)	—	SPDT	060-110366	060-111166	060-110966
Baja	KP 2	-0,2 – 5,0	0,4 – 1,5	—	—	Auto.	—	SPDT	060-112066 ³⁾	—	060-112366 ³⁾
Alta	KP 5	—	—	8 – 32	1,8 – 6,0	—	Auto.	SPDT	060-117166 ³⁾	060-117966 ³⁾	060-117766 ³⁾
Alta	KP 5	—	—	8 – 32	3	—	Man. (máx.)	SPDT	060-117366	060-118066	—
Doble	KP 15	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	8 – 32	4	Auto.	Auto.	Señal SPDT+LP	060-124166 ³⁾	060-125466 ³⁾	—
Doble	KP 15	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	8 – 32	4	Auto.	Man. (máx.)	Señal SPDT+LP	060-124366	—	—
Doble	KP 15	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	8 – 32	4	Auto.	Man. (máx.)	Señal SPDT+LP	060-114866 ¹⁾	—	—
Doble	KP 15	-0,9 – 7,0	0,7	8 – 32	4	Man. (mín.)	Man. (máx.)	Señal SPDT+LP	060-124566	—	—
Doble	KP 15	-0,9 – 7,0	0,7	8 – 32	4	Conv. ²⁾	Conv. ²⁾	Señal SPDT+LP	060-126166	—	—
Doble	KP 15	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	8 – 32	4	Auto.	Auto.	Señal SPDT+LP y HP	060-126566 ³⁾	060-129966 ³⁾	—
Doble	KP 15	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	8 – 32	4	Auto.	Man. (máx.)	Señal SPDT+LP y HP	060-126466	060-128466	—
Doble	KP 15	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	8 – 32	4	Conv. ²⁾	Conv. ²⁾	Señal SPDT+LP y HP	060-115466 ³⁾	060-001066 ³⁾	—
Doble	KP 15	-0,9 – 7,0	0,7	8 – 32	4	Conv. ²⁾	Conv. ²⁾	Señal SPDT+LP y HP	060-122066	—	—

Para refrigerantes HFC no inflamables, R-717 y HCFC

Presión	Tipo	Baja presión (LP)		Alta presión (HP)		Rearme		Sistema de contacto	Código	
		Rango de regulación [bar]	Δp diferencial [bar]	Rango de regulación [bar]	Δp diferencial [bar]	Baja presión LP	Alta Presión HP		Conexión	
									M10 × 0,75	Tubo cap. de 1 m con M10 × 0,75
Baja	KP 1A	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	—	—	Auto.	—	SPDT	060-116266	060-116066 ³⁾
Baja	KP 1A	-0,9 – 7,0	0,7	—	—	Man. (mín.)	—	SPDT	—	060-116166
Alta	KP 5A	—	—	8 – 32	1,8 – 6,0	—	Auto.	SPDT	—	060-123066 ³⁾
Alta	KP 5A	—	—	8 – 32	3	—	Man. (máx.)	SPDT	060-115366	060-123166
Doble	KP 15A	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	8 – 32	4	Auto.	Auto.	Señal SPDT+LP y HP	060-129566	060-129366 ³⁾
Doble	KP 15A	-0,2 – 7,5	0,7 – 4,0	8 – 32	4	Auto.	Man. (máx.)	Señal SPDT+LP y HP	060-129666	060-129466
Doble	KP 15A	-0,9 – 7,0	0,7	8 – 32	4	Conv. ²⁾	Conv. ²⁾	Señal SPDT+LP	—	060-128366

¹⁾ Presostatos con contactos chapados en oro
²⁾ Conv.: rearme automático o manual, opcional
³⁾ Protección IP 44

ANEXO 14

FILTROS DESHIDRATADORES



CAPACIDADES PARA LÍNEA DE LÍQUIDO Y RECOMENDACIONES DE SELECCIÓN

TIPO SELLADOS — REFRIGERANTE 134a

TIPO	AREA FILTRANTE Pulgadas	CAPACIDAD NOMINAL A CONDICIONES ESTÁNDAR DE ARI		CAPACIDAD DE FLUJO Tons a 1 psi ΔP	RECOMENDACIONES DE SELECCIÓN (Tons)		
		CAPACIDAD DE AGUA GOTAS A 60 PPM			REFRIGERACION Equipos de Temperatura Comercial y Baja	AIRE ACONDICIONADO	
		25°C	50°C			Equipo Original Tipo Paquete O.E.M.	Reemplazo en Campo y Unidades Instaladas en Campo
C-032	9	67	48	1.3	1/4	3/4	1/2
C-032-CAP							
C-032-S							
C-032-F							
C-032-FM							
C-033							
C-033-S				3.2			
				3.5			
C-052	15	158	114	1.9	1/3	1 a 2	3/4 a 1
C-052-S							
C-052-F							
C-052-FM							
C-0525-S							
C-053							
C-053-S				3.1			
				3.8			
				4.3			
C-082	21	261	188	4.2	1/2 a 1-1/2	1 a 4	3/4 a 2
C-082-S							
C-0825-S							
C-083							
C-083-S							
C-084							
C-084-S				1.9			
				3.3			
				4.7			
				7.9			
				8.8			
C-162	33	396	285	1.9	1 a 2	2 a 7-1/2	1 a 5
C-162-S							
C-1625-S							
C-163							
C-163-S							
C-164							
C-164-S							
C-165							
C-165-S							
				4.2			
				4.7			
				9.3			
C-303	53	756	545	10.1	3 a 5	4 a 15	3 a 7-1/2
C-303-S							
C-304							
C-304-S							
C-305							
C-305-S							
				13.6			
				15.5			
				19.8			
C-414	67	1017	733	10.5	5 a 10	7-1/2 a 18	5 a 12
C-414-S							
C-415							
C-415-S							
C-417-S							
C-419-S							
				11.4			
				14.5			
				16.1			
				20.3			
				22.3			
C-607-S	106	1512	1090	26.6	15	20 a 25	15
C-609-S							
				30.4			

134a



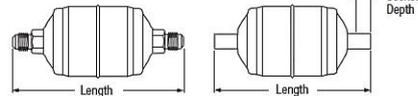
Para filtros secadores de línea de succión ver página 24



TIPO SELLADOS — ESPECIFICACIONES

Línea de Líquido y de Succión — Presión Máxima de Trabajo de 650 psi

Modelos C-032
a C-167-S



TIPOS DE LÍNEA DE LÍQUIDO DE LA SERIES "C"		TIPO DE LÍNEA DE SUCCIÓN	TAMAÑO DE CONEXIONES Pulgadas	VOLUMEN DE DESECANTE Pu ³	LONGITUD TOTAL mm		PROFUNDIDAD DEL RECEPTÁCULO mm	DIÁMETRO DEL CUERPO mm	PESO DE EMBARQUE Kgs.	
SAE Roscar	ODF Soldar	ODF Soldar	SAE Roscar		ODF Soldar					
C-032	C-032-S	--	1/4	3	4.19	3.81	0.38	1.75	1/2	
--	C-032-CAP C-032-CAP-T	--	Extendido 1/4		--	5.81	--			--
C-032-F	--	--	1/4 Macho - Extendido 1/4 Hembra - Salida		3.81	--	--			--
C-032-FM	--	--	1/4 Hembra - Extendido 1/4 Macho - Salida		3.81	--	--			--
C-033	C-033-S	--	3/8	5	4.69	3.88	0.44	2.44	3/4	
C-052	C-052-S	--	1/4		4.75	4.19	0.38			--
--	C-0525-S	--	5/16		--	4.38	0.44			--
C-052-F	--	--	1/4 Macho - Extendido 1/4 Hembra - Salida		4.19	--	--			--
C-052-FM	--	--	1/4 Hembra - Extendido 1/4 Macho - Salida	4.19	--	--	--			
C-053	C-053-S	--	3/8	9	5.19	4.31	0.44	2.62	1-1/4	
C-082	C-082-S	--	1/4		5.62	5.12	0.38			--
--	C-0825-S	--	5/16		--	5.31	0.44			--
C-083	C-083-S	C-083-S-T-HH	3/8		6.06	5.25	0.44			--
C-084	C-084-S	C-084-S-T-HH	1/2	6.31	5.44	0.50	--			
C-162	C-162-S	--	1/4	16	6.25	5.75	0.38	3.00	1-3/4	
--	C-1625-S	--	5/16		--	5.94	0.44			--
C-163	C-163-S	--	3/8		6.75	5.88	0.44			--
C-164	C-164-S	C-164-S-T-HH	1/2		6.94	6.00	0.50			--
C-165	C-165-S	C-165-S-T-HH	5/8	7.25	6.31	0.62	--			
--	--	C-166-S-T-HH	3/4	--	6.75	0.62	--			
--	C-167-S	C-167-S-T-HH	7/8	--	6.93	0.75	--			
C-303	C-303-S	--	3/8	30	9.69	8.88	0.44	3.00	3-1/2	
C-304	C-304-S	--	1/2		9.88	9.00	0.50			--
C-305	C-305-S	C-305-S-T-HH	5/8		10.19	9.25	0.62			--
--	C-306-S	C-306-S-T-HH	3/4		--	9.65	0.62			--
--	C-307-S	C-307-S-T-HH	7/8	--	9.80	0.75	--			
--	C-309-S	C-309-S-T-HH	1-1/8	--	9.75	0.96	--			
C-413	--	--	3/8	41	9.56	--	--	3.50	4-1/2	
C-414	C-414-S	--	1/2		9.94	9.05	0.50			--
C-415	C-415-S	--	5/8		10.25	9.35	0.62			--
--	C-417-S	C-417-S-T-HH	7/8		--	9.81	0.75			--
--	C-419-S	C-419-S-T-HH	1-1/8	--	9.75	0.96	--			
--	--	C-437-S-T-HH	7/8	--	10.34	0.75	--			
--	--	C-439-S-T-HH	1-1/8	48	--	10.74	0.91	4.75	8	
--	--	C-4311-S-T-HH	1-3/8		--	10.94	0.97			--
--	--	C-4313-S-T-HH	1-5/8		--	10.94	1.09			--
--	C-607-S	C-607-S-T-HH	7/8		--	16.00	0.75			--
--	C-609-S	C-609-S-T-HH	1-1/8	60	--	16.00	0.96	3.00	6	

Homologados UL y ULC — Guía-SMG-T-Archivo No. SA-1756A & B.

SIGNIFICADO DEL NÚMERO DE MODELO...

Cada una de las letras y números en el modelo del Catch-All tienen un significado.
C indica Catch-All.

PRIMEROS DOS DÍGITOS indican pulgadas cúbicas de desecante en el modelo dado.

ÚLTIMO Y PENÚLTIMO DÍGITO indican el tamaño de la conexión en octavos de pulgada. Por ejemplo: un "3" indica conexiones 3/8". La excepción a esta regla es el "25" que indica una conexión 5/16".

SIN LETRA después del último dígito indica una conexión SAE Roscar.

-S después del último dígito indica una conexión ODF Soldar.
Otros sufijos indican cualidades específicas:

-T indica una conexión con una válvula de acceso tipo Schrader en el extremo de entrada del Catch-All.

-HH indica un núcleo de carbón activado para eliminar cera limpieza después de una quema de motor hermético.

-F indica una conexión hembra rosca de salida con una conexión macho rosca de entrada.

-FM indica una conexión entrada hembra rosca con una conexión de salida macho rosca.

-CAP indica un Catch-All diseñado especialmente para instalaciones en sistemas de tubo capilar. Las conexiones (tubos de 1/4" OD soldados en cada extremo del Catch-All) permiten insertar los tubos capilares dentro de estos tubos de 1/4"OD, los cuales se aprietan y se sueldan para realizar las conexiones.

ANEXO 15

VISORES DE LÍQUIDO

HMI Indicador de Líquido y Humedad Hermético

Protectores del Sistema

Los Indicadores HMI están diseñados para proporcionar un método exacto para determinar la humedad que contiene el sistema de refrigeración. Los Indicadores HMI tienen una alta precisión para indicar humedad para refrigerantes CFC, HCFC y HFC.

R-410A



Características

- El Indicador tiene una alta sensibilidad y precisión para detectar la humedad del sistema
- La construcción es hermética lo cual garantiza que no haya fugas
- El Indicador HMI es compatible con todos los refrigerantes incluido el R410A excepto el Amoniaco
- Exacta calibración del color a niveles bajos de ppm y altas temperaturas
- El Indicador HMI está provisto de un cristal con una área de visibilidad superior a cualquier otro en el mercado, lo que facilita la revisión del sistema de refrigeración
- El cuerpo del indicador está construido de forja de Latón por lo que es altamente resistente a la corrosión
- Conexiones soldables de cobre

Especificaciones

- Máxima Presión de Trabajo: 680 psig
- Aprobado por UL/CUL File No. SA 9566

Información para Ordenar

Código México	PCN	Descripción	Serie	Medida de Conexión	Cantidad por caja
9137	065391	HMI-1MM2	Flare Macho x Flare Macho	1/4	12
9138	065392	HMI-1MM3		3/8	12
9139	065393	HMI-1MM4		1/2	12
9140	065394	HMI-1MM5		5/8	12
9141	065395	HMI-1MM6		3/4	12
9151	065405	HMI-1TT2		Soldar x Soldar (ODF)	1/4
9152	065406	HMI-1TT3	3/8		12
9153	065407	HMI-1TT4	1/2		25
9154	065408	HMI-1TT5	5/8		25
9155	065409	HMI-1TT6	3/4		25
9156	065410	HMI-1TT7	7/8		25
9157	065411	HMI-1TT9	1 1/8		30
9142	065396	HMI-1FM2	Flare Hembra x Flare Macho	1/4	12
9143	065397	HMI-1FM3		3/8	12
9144	065398	HMI-1FM4		1/2	12

Nomenclatura ejemplo: HMI 1TT4

HMI	1	TT	4
Indicador de Líquido y Humedad	Serie	Tipo de Conexión MM = Flare Macho x Flare Macho TT = Soldar x Soldar FM = Flare Hembra x Flare Macho	Tamaño de conexión en 1/8"

Código de Color de Acuerdo al contenido de Humedad (ppm H₂O)

Indicación Temperatura del Líquido	Seco (Azul Oscuro)			Precaución (Morado)			Humedad (Rosado)		
	75°F (24°C)	100°F (38°C)	125°F (52°C)	75°F (24°C)	100°F (38°C)	125°F (52°C)	75°F (24°C)	100°F (38°C)	125°F (52°C)
R-134a	20	35	60	35	55	85	130	160	190
R-22	25	35	50	40	65	90	145	205	290
R-407C	26	40	64	42	68	109	150	230	370
R-410A	30	55	75	50	85	120	165	290	420
R-404A/507	15	25	45	33	50	80	120	150	180

ANEXO 16

SEPARADORES DE ACEITE

41.4

Carly

Refrigeration & Climate Components Solutions



DTSP - 41.1-2-5-10

Separadores de aceite

→ **TURBOIL**® (no desmontables)

05/10

■ Tabla de selección

Referencias CARLY	Racores por soldar ODF pulgada	Referencias CARLY	Racores por soldar ODF mm	Potencia frigorífica (kW) ⁽¹⁾											
				R22			R134a			R404A R507			R407C R410A		
				-40°C	-10°C	+5°C	-40°C	-10°C	+5°C	-40°C	-10°C	+5°C	-40°C	-10°C	+5°C
TURBOIL 1503 S	3/8	TURBOIL 1503 MMS	10	5,0	6,0	7,0	3,5	4,5	5,0	5,0	6,0	7,0	5,0	6,0	7,0
TURBOIL 1504 S	1/2	TURBOIL 1504 MMS	12	6,0	7,0	8,0	4,0	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	6,0	7,0	8,0
TURBOIL 2505 S/MMS	5/8	TURBOIL 2505 S/MMS	16	17,0	22,0	24,0	12,0	15,0	17,0	17,0	22,0	25,0	16,0	21,0	24,0
TURBOIL 3006 S	3/4	TURBOIL 3006 MMS	18	20,0	25,0	28,0	16,0	21,0	23,0	22,0	27,0	30,0	21,0	26,0	28,5
TURBOIL 3007 S	7/8	TURBOIL 3007 MMS	22	24,0	27,0	30,0	18,0	23,0	25,0	26,0	30,0	32,0	25,0	28,5	30,5
TURBOIL 3009 S	1 1/8	TURBOIL 3009 MMS	28	28,0	32,0	36,0	19,0	25,0	28,0	29,0	36,0	40,0	27,5	34,0	38,0
TURBOIL 3011 S/MMS	1 3/8	TURBOIL 3011 S/MMS	35	32,0	40,0	45,0	21,0	27,0	31,0	32,0	40,0	47,0	31,0	39,0	43,5
TURBOIL 4007 S	7/8	TURBOIL 4007 MMS	22	32,0	37,0	40,0	26,0	34,0	38,0	32,0	40,0	44,0	31,0	36,5	39,0
TURBOIL 6009 S	1 1/8	TURBOIL 6009 MMS	28	42,0	50,0	55,0	34,0	37,0	42,0	42,0	54,0	60,0	41,0	48,0	54,0
TURBOIL 6011 S/MMS	1 3/8	TURBOIL 6011 S/MMS	35	48,0	55,0	60,0	38,0	46,0	50,0	48,0	60,0	70,0	46,0	57,0	66,5
TURBOIL 7011 S/MMS	1 3/8	TURBOIL 7011 S/MMS	35	48,0	55,0	60,0	38,0	46,0	50,0	48,0	60,0	70,0	46,0	57,0	66,5
TURBOIL 8013 S	1 5/8	TURBOIL 8013 MMS	42	65,0	80,0	90,0	45,0	60,0	70,0	65,0	85,0	94,0	62,0	81,0	89,5
TURBOIL 9017 S/MMS	2 1/8	TURBOIL 9017 S/MMS	54	85,0	100,0	110,0	58,0	70,0	80,0	87,0	105,0	120,0	83,0	100,0	114,0

⁽¹⁾ Las potencias frigoríficas indicadas tienen en cuenta una temperatura de condensación de +38°C, un enfriamiento de 5°C y una temperatura de gas aspirado de +18°C.



Separadores de aceite

DTSP - 41.1-2-5-10

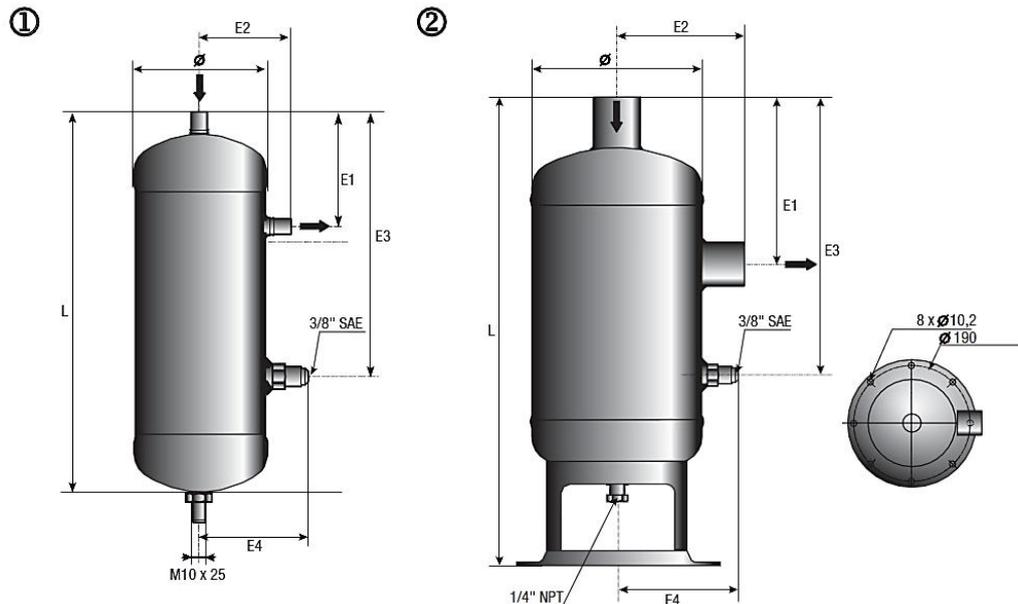
→ TURBOIL® (no desmontables)

05/10

■ Características técnicas

Referencias CARLY		Nº de plano	Tipo de racores (1)	Carga de aceite (L)	Dimensiones (mm)						Peso neto (kg)
					Ø	L	E1	E2	E3	E4	
TURBOIL 1503 S	TURBOIL 1503 MMS	1	2	0,30	107,6	264	66	71	168	83	2,65
TURBOIL 1504 S	TURBOIL 1504 MMS	1	2	0,30	107,6	281	70	71	185	83	3,10
TURBOIL 2505 S/MMS		1	2	0,30	107,6	298	72	73	202	83	3,25
TURBOIL 3006 S	TURBOIL 3006 MMS	1	2	0,30	107,6	324	77	76	228	83	3,45
TURBOIL 3007 S	TURBOIL 3007 MMS	1	2	0,30	107,6	357	88	83	261	83	3,90
TURBOIL 3009 S	TURBOIL 3009 MMS	1	3	0,30	107,6	388	93	80	292	83	3,95
TURBOIL 3011 S/MMS		1	3	0,30	107,6	498	107	90	402	83	5,20
TURBOIL 4007 S	TURBOIL 4007 MMS	1	2	0,30	107,6	383	87	83	287	83	3,90
TURBOIL 6009 S	TURBOIL 6009 MMS	1	3	0,30	107,6	433	93	80	337	83	4,55
TURBOIL 6011 S/MMS		1	3	0,30	107,6	548	107	90	452	83	5,90
TURBOIL 7011 S/MMS		2	3	1,00	155,0	422	150	114	250	108	8,10
TURBOIL 8013 S	TURBOIL 8013 MMS	2	3	1,00	155,0	502	150	114	330	108	10,40
TURBOIL 9017 S/MMS		2	3	1,00	155,0	516	164	127	344	108	10,95

(1) Rúbrica "Planos y características de conexiones" (véase el capítulo 114).





DTSP - 41.1-2-5-10

Separadores de aceite

→ TURBOIL® (no desmontables)

05/10

■ Características técnicas

Referencias CARLY		Volumen	Presión de servicio máxima	Presión de servicio (1)	Temperatura de servicio máxima	Temperatura de servicio mínima	Temperatura de servicio (1)	Categoría CE (2)
		V (L)	PS (bar)	PS BT (bar)	TS maxi (°C)	TS mini (°C)	TS BT (°C)	
TURBOIL 1503 S	TURBOIL 1503 MMS	1,72	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 1504 S	TURBOIL 1504 MMS	1,86	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 2505 S/MMS		1,97	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 3006 S	TURBOIL 3006 MMS	2,12	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 3007 S	TURBOIL 3007 MMS	2,33	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 3009 S	TURBOIL 3009 MMS	2,54	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 3011 S/MMS		3,28	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 4007 S	TURBOIL 4007 MMS	2,53	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 6009 S	TURBOIL 6009 MMS	2,87	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 6011 S/MMS		3,64	31,0	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 7011 S/MMS		4,33	31,5	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 8013 S	TURBOIL 8013 MMS	5,65	31,5	10	120	-40	-20	I
TURBOIL 9017 S/MMS		5,73	31,5	10	120	-40	-20	I

(1) La presión de servicio está limitada al valor PS BT cuando la temperatura de servicio es inferior o igual al valor TS BT.

(2) Clasificación por volumen, según DESP 97/23/CE (véase el capítulo 0 página 7).

ANEXO 17

ACUMULADORES DE SUCCIÓN

▼ ACUMULADORES DE ACERO PARA LÍNEA DE SUCCIÓN

Acumuladores del Estilo Tubo-U

El diseño de Tubo en "U" es resultado de extensivas pruebas de laboratorio más una investigación detallada de los acumuladores existentes en la actualidad. Se ha tomado en consideración los requerimientos esenciales tal como es la capacidad segura de almacenamiento de refrigerante (en relación a la carga total del sistema), flujo controlado para un retorno positivo de refrigerante y aceite y una caída de presión mínima a través del acumulador.

Sporlan ofrece modelos de acumuladores estándar diseñados para aplicaciones en bombas de calor y sistemas de refrigeración desde 1/4 hasta 12 toneladas. La capacidad de almacenamiento del refrigerante líquido de un acumulador de succión puede variar según la aplicación. Debido a la diversidad de sistemas, el desempeño óptimo debe ser determinado por el diseñador del sistema. Consulte a Sporlan si requiere de asistencia.

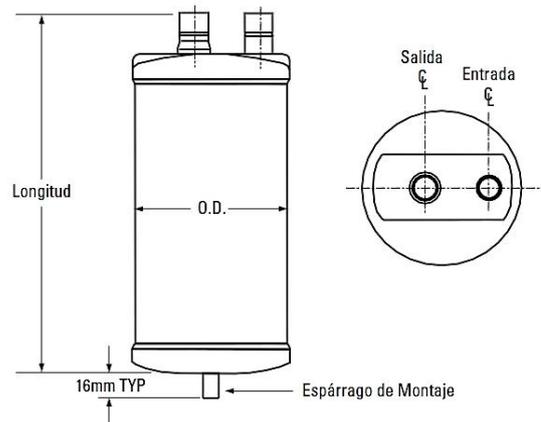
Características y Ventajas

- Conexiones sólidas de cobre
- Diseño de Tubo-U para un máximo flujo de refrigerante y un mínimo atascamiento de aceite
- Deflectores de flujo en la entrada guían el refrigerante hacia las paredes para un flujo tangencial suave y una expansión gradual
- La entrada del tubo-U está localizada detrás del deflector de flujo para evitar que refrigerante líquido no deseado entre en el compresor y lo dañe
- El orificio controlador iguala la capacidad del sistema para asegurar un óptimo flujo de refrigerante y aceite de vuelta al compresor
- Una malla protectora y el ensamble del orificio en el tubo U brinda una protección contra contaminantes que afectan el flujo
- Los conectores y el tubo en U igualan la capacidad de almacenamiento del acumulador y la carga total de refrigerante para una caída de presión mínima y un flujo de refrigerante máximo
- Homologados por U.L. para 355 psig de presión máxima de trabajo. Archivo No. SA5172
- La pintura de polvo anti-corrosiva sobrepasa las 500 horas de ASTM de rocío de sal
- Protección integral para 430°F / 221°C (U.L. Archivo No. SA5441)



Modelo PA6

Dimensiones y Data de Flujo



▼ ACUMULADORES DE ACERO PARA LÍNEA DE SUCCIÓN

Dimensiones y Data de Flujo

MODELO NÚMERO	CONEX. Pulgadas (ODF)	DIMENSIONES mm		CAPACIDAD (pasos) DAD (onzas)	TEMP EVAP. °C	RECOMENDACIONES DE CAPACIDAD EN TONELADAS DE REFRIGERACIÓN													
		LONGITUD	O.D.			22 y 404A		134a		401A		402A		407C		410A		502 y 507	
						Tons @ 1 psi	Tons Min.	Tons @ 1 psi	Tons Min.	Tons @ 1 psi	Tons Min.	Tons @ 1 psi	Tons Min.	Tons @ 1 psi	Tons Min.	Tons @ 1 psi	Tons Min.	Tons @ 1 psi	Tons Min.
PA3060-10-4 PA3060-10-5	1/2 5/8	263 263	76 76	35 35	5 -20 -30	2.00	0.35	1.67	0.30	1.42	0.25	1.97	1.01	1.97	0.46	1.93	1.44	1.48	0.27
						1.54	0.25	0.98	0.16	1.06	0.18	1.53	0.41	1.53	0.18	1.50	0.65	1.10	0.20
						1.33	0.21	0.69	0.11	0.90	0.15	1.32	0.25	1.32	0.11	1.30	0.42	0.93	0.16
PA3060-15-5	5/8	382	76	55	5 -20 -30	2.10	0.35	1.75	0.30	1.49	0.25	2.07	1.01	2.07	0.46	2.02	1.44	1.55	0.27
						1.62	0.25	1.03	0.16	1.11	0.18	1.61	0.41	1.60	0.18	1.57	0.65	1.16	0.20
						1.40	0.21	0.73	0.11	0.95	0.15	1.39	0.25	1.39	0.11	1.36	0.42	0.98	0.16
PA3060-15-6	3/4	382	76	54	5 -20 -30	2.30	0.35	1.92	0.30	1.63	0.25	2.27	1.01	2.27	0.46	2.22	1.44	1.70	0.27
						1.77	0.25	1.12	0.16	1.22	0.18	1.76	0.41	1.75	0.18	1.72	0.65	1.27	0.20
						1.53	0.21	0.80	0.11	1.04	0.15	1.52	0.25	1.52	0.11	1.49	0.42	1.07	0.16
PA4065-9-5C	5/8	244	102	60	5 -20 -30	2.96	0.35	2.47	0.30	2.10	0.25	2.92	1.01	2.92	0.46	2.85	1.44	2.19	0.27
						2.28	0.25	1.44	0.16	1.57	0.18	2.27	0.41	2.26	0.18	2.21	0.65	1.63	0.20
						1.98	0.21	1.03	0.11	1.34	0.15	1.97	0.25	1.96	0.11	1.93	0.42	1.39	0.16
PA4065-9-6C	3/4	244	102	58	5 -20 -30	3.00	0.35	2.53	0.30	2.10	0.25	2.96	1.01	2.96	0.46	2.89	1.44	2.20	0.27
						2.30	0.25	1.48	0.16	1.60	0.18	2.29	0.41	2.28	0.18	2.23	0.65	1.70	0.20
						2.00	0.21	1.05	0.11	1.40	0.15	1.99	0.25	1.98	0.11	1.95	0.42	1.40	0.16
PA5083-9-6C	3/4	244	127	89	5 -20 -30	3.82	0.57	3.19	0.49	2.71	0.41	3.76	1.51	3.77	0.69	3.68	2.16	2.82	0.46
						2.95	0.41	1.86	0.27	2.03	0.30	2.94	0.61	2.92	0.27	2.86	0.98	2.10	0.33
						2.55	0.35	1.32	0.18	1.73	0.24	2.53	0.37	2.53	0.16	2.48	0.63	1.79	0.27
PA5083-9-7C	7/8	244	127	86	5 -20 -30	3.90	0.57	3.21	0.49	2.70	0.41	3.84	1.51	3.85	0.69	3.76	2.16	2.80	0.46
						3.00	0.41	1.88	0.24	2.00	0.30	2.98	0.61	2.97	0.27	2.91	0.98	2.10	0.33
						2.60	0.35	1.33	0.18	1.70	0.24	2.58	0.37	2.58	0.16	2.53	0.63	1.80	0.27
PA5083-12-7C	7/8	327	127	125	5 -20 -30	5.41	0.88	4.51	0.75	3.83	0.64	5.33	2.12	5.34	0.96	5.21	3.03	4.00	0.70
						4.17	0.64	2.64	0.42	2.87	0.45	4.15	0.86	4.13	0.38	4.05	1.37	2.98	0.51
						3.61	0.54	1.87	0.28	2.45	0.37	3.59	0.52	3.58	0.22	3.52	0.88	2.53	0.41
PA5083-11-7C	7/8	288	127	108	5 -20 -30	4.38	0.57	3.21	0.43	3.10	0.41	4.32	1.51	4.32	0.69	4.22	2.16	3.23	0.46
						3.37	0.41	1.88	0.24	2.32	0.30	3.35	0.61	3.34	0.27	3.27	0.98	2.41	0.33
						2.92	0.35	1.33	0.16	1.98	0.24	2.90	0.57	2.89	0.16	2.84	0.63	2.04	0.27
PA5083-11-6C	3/4	288	127	111	5 -20 -30	3.85	0.57	3.21	0.49	2.72	0.41	3.79	1.51	3.80	0.69	3.71	2.16	2.84	0.46
						2.97	0.41	1.88	0.27	2.04	0.30	2.96	0.61	2.94	0.27	2.88	0.98	2.12	0.33
						2.56	0.35	1.33	0.18	1.74	0.24	2.54	0.57	2.54	0.16	2.49	0.63	1.80	0.27
PA5083-15-7C	7/8	390	127	156	5 -20 -30	6.20	0.88	5.17	0.75	4.39	0.64	6.11	2.12	6.12	0.96	5.97	3.03	4.58	0.70
						4.78	0.64	3.03	0.42	3.29	0.45	4.76	0.86	4.73	0.38	4.64	1.37	3.41	0.51
						4.13	0.54	2.15	0.28	2.80	0.37	4.10	0.52	4.09	0.22	4.02	0.88	2.90	0.41
PA5083-17-7C	7/8	438	127	179	5 -20 -30	6.20	0.88	5.17	0.75	4.39	0.64	6.11	2.12	6.12	0.96	5.97	3.03	4.58	0.70
						4.78	0.64	3.03	0.42	3.27	0.45	4.76	0.86	4.73	0.38	4.64	1.37	3.41	0.51
						4.13	0.54	2.15	0.28	2.80	0.37	4.10	0.52	4.09	0.22	4.02	0.88	2.90	0.41
PA6125-15-9C	1-1/8	381	152	211	5 -20 -30	9.00	3.00	8.83	1.97	6.10	1.90	8.87	3.45	8.88	1.57	8.67	4.93	7.30	3.00
						5.60	2.00	5.62	0.82	3.70	1.20	5.57	1.40	5.55	0.62	5.44	2.23	4.50	2.00
						4.30	0.80	4.31	0.50	2.80	0.05	4.27	0.85	4.26	0.36	4.19	1.43	3.40	0.80
PA6125-15-11C	1-3/8	387	152	214	5 -20 -30	12.0	3.00	12.1	1.97	6.20	1.90	11.8	3.45	11.9	1.57	11.6	4.93	9.80	3.00
						7.50	2.00	7.52	0.82	5.00	1.20	7.46	1.40	7.43	0.62	7.28	2.23	6.00	2.00
						5.80	0.80	5.82	0.50	3.60	0.05	5.76	0.85	5.75	0.36	5.65	1.43	4.60	0.80
PA6125-18-9C	1-1/8	457	152	264	5 -20 -30	8.80	3.00	8.84	1.97	6.00	1.90	8.67	3.45	8.69	1.57	8.48	4.93	7.20	3.00
						5.50	2.00	5.52	0.82	3.70	1.20	5.47	1.40	5.45	0.62	5.34	2.23	4.40	2.00
						4.30	0.80	4.31	0.50	2.80	0.05	4.27	0.85	4.26	0.36	4.19	1.43	3.40	0.80
PA6125-18-11C	1-3/8	457	152	267	5 -20 -30	11.0	3.00	11.1	1.97	7.50	1.90	10.8	3.45	10.9	1.57	10.6	4.93	9.10	3.00
						7.00	2.00	7.02	0.82	4.60	1.20	6.96	1.40	6.93	0.62	6.80	2.23	5.50	2.00
						5.40	0.80	5.42	0.50	3.50	0.05	5.37	0.85	5.35	0.36	5.26	1.43	4.20	0.80
PA6125-20-11C	1-3/8	514	152	302	5 -20 -30	11.0	3.00	11.1	1.97	7.50	1.90	10.8	3.45	10.9	1.57	10.6	4.93	9.10	3.00
						7.00	2.00	7.02	0.82	4.60	1.20	6.96	1.40	6.93	0.62	6.80	2.23	5.50	2.00
						5.40	0.80	5.42	0.50	3.50	0.05	5.37	0.85	5.35	0.36	5.26	1.43	4.20	0.80

*La Capacidad de Almacenamiento con R-22 a 5°C. Divida por 0.7 para obtener la máxima carga de refrigerante recomendada para sistemas con orificio fijo. Consulte a Spolran para disponibilidad.

ANEXO 18

DEPÓSITOS DE LÍQUIDO VERTICALES



Technische Daten/Anschlüsse Stehende Flüssigkeitssammler

Technical data/Connections Vertical liquid receivers

Caractéristiques techniques/Raccords Réservoirs de liquide verticaux

Typ	Maximale Kältemittel-Füllung [ⓐ]				Gewicht	Anschlüsse [ⓑ]				Anschlussgewinde/-flansch		Manometer	Schaugläser [ⓒ]	
	Sammler-Inhalt					Eintritt ø	Austritt ø		Eintritt	Austritt	Manometer			Schaugläser [ⓒ]
		Receiver volume	Maximum refrigerant charge [ⓐ]				Inlet ø	Outlet ø		Joining thread/flange				
Type	Contenance du réservoir	Charge maximale de fluide frigorigène [ⓐ]			Poids	Raccords [ⓑ]		Raccord fileté/bride		Manomètre	Voyants [ⓒ]			
	dm ³ (l)	R134a (kg)	R404A R507A (kg)	R22 (kg)	kg	Zoll mm	Inch Pouce	Zoll mm	Inch Pouce	Entrée	Sortie			
FS36	3	3,3	2,9	3,3	3	10	3/8"	10	3/8"	-	3/4" - 16 UNF		1 [ⓐ]	
FS56	5,6	6,2	5,4	6,1	5	10	3/8"	10	3/8"	-	3/4" - 16 UNF		2 [ⓐ]	
FS76	7,8	8,6	7,5	8,5	6	12	1/2"	12	1/2"	-	1" - 14 UNS		2 [ⓐ]	
FS102	10	11,0	9,6	10,9	11	16	5/8"	12	1/2"	1 1/4" - 12 UNF	1" - 14 UNS		2	
FS152	15	16,6	14,4	16,3	10	22	7/8"	16	5/8"	1 1/4" - 12 UNF	1" - 14 UNS		2	
FS126	13	14,3	12,5	14,2	13	12	1/2"	12	1/2"	-	1" - 14 UNS		2 [ⓐ]	
FS202	20	22,1	19,2	21,8	17	22	7/8"	22	7/8"	1 3/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF	7/16"-20 UNF	2	
FS252	25	27,6	24,0	27,2	20	22	7/8"	22	7/8"	1 3/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF		3	
FS302	30	33,1	28,8	32,7	22	28	1 1/8"	22	7/8"	1 3/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF		3	
FS402	39	43,0	37,5	42,5	28	28	1 1/8"	22	7/8"	1 3/4" - 12 UNF	1 1/4" - 12 UNF		3	
FS562	56	61,8	53,8	61,0	42	35	1 3/8"	28	1 1/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF		3	
FS732	73	80,5	70,2	79,5	50	35	1 3/8"	28	1 1/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF	3		
FS902	89	98,2	85,5	96,9	60	42	1 5/8"	35	1 3/8"	2 1/4" - 12 UN	1 3/4" - 12 UNF	3		
FS1122	112	123,6	107,7	122,0	85	54	2 1/8"	42	1 5/8"	112x 112	2 1/4" - 12 UN		3	
FS1602	160	176,5	153,8	174,2	115	54	2 1/8"	42	1 5/8"	112x 112	2 1/4" - 12 UN		3	
FS2202	228	251,6	219,2	248,3	155	76	3 1/8"	54	2 1/8"	140x 140	112x 112	1/2"-18 NPTF	3	
FS3102	320	353,1	307,6	348,5	195	76	3 1/8"	54	2 1/8"	140x 140	112x 112		3	
FS4002	395	435,8	379,7	430,2	260	DN100	76	3 1/8"	160x 160	140x 140		3		
FS4752	473	521,9	454,7	515,1	290	DN100	76	3 1/8"	160x 160	140x 140		3		
FS5502	550	606,8	528,7	599,0	325	DN100	76	3 1/8"	160x 160	140x 140		3		

ⓐ bei +20°C Flüssigkeitstemperatur und 90% Sammler-Inhalt

ⓑ andere Anschlüsse auf Anfrage

ⓒ Schaugläser mit Reflexionsrillen

ⓓ Teil des Optionensets

Anschluss für Druckentlastungs-Ventil:

• FS56 .. FS152 und FS126
Außengewinde 1 1/4"-12 UNF
Innengewinde 3/8"-18 NPTF
bei FS56, FS76 und FS126
Teil des Optionensets

• FS202 .. FS5502
Außengewinde 1 1/4"-12 UNF

Anschluss-Positionen siehe Maßzeichnung

ⓐ at +20°C liquid temperature and 90% receiver volume

ⓑ other connections upon request

ⓒ sight glasses with reflection grooves

ⓓ Part of the option set

Connection for pressure relief valve:

• FS56 .. FS152 and FS126
external thread 1 1/4"-12 UNF
internal thread 3/8"-18 NPTF
for FS56, FS76 and FS126
part of the option set

• FS202 .. FS5502
external thread 1 1/4"-12 UNF

Connection positions see dimensional drawing

ⓐ à +20°C température de liquide et 90% contenance du réservoir

ⓑ autres raccords sur demande

ⓒ voyants avec rainures de réflexion

ⓓ Partie du paquet d'options

Raccord pour soupape de décharge:

• FS56 .. FS152 et FS126
filet extérieur 1 1/4"-12 UNF
filet intérieur 3/8"-18 NPTF
pour FS56, FS76 et FS126
partie du paquet d'options

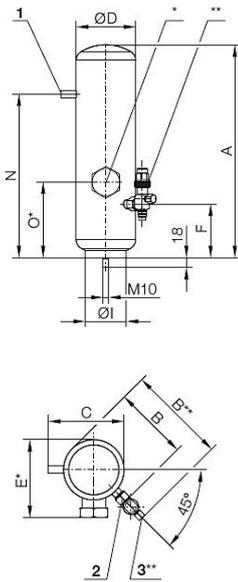
• FS202 .. FS5502
filet extérieur 1 1/4"-12 UNF

Position des raccords voir croquis cotés



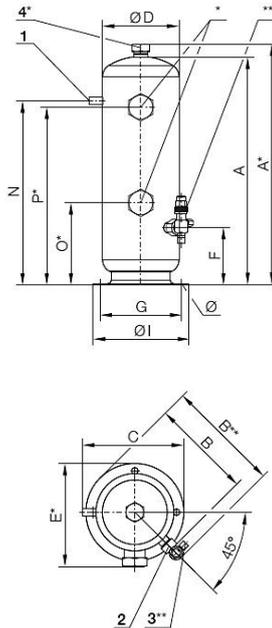
Maßzeichnungen
Stehende Flüssigkeitssammler

FS36



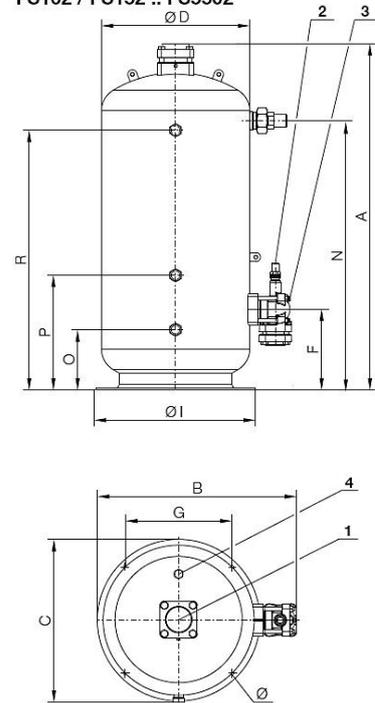
Dimensional drawings
Vertical liquid receivers

FS56 / FS76 / FS126



Croquis cotés
Réservoirs de liquide verticaux

FS102 / FS152 .. FS5502



Abmessungen
Stehende Flüssigkeitssammler

Dimensions
Vertical liquid receivers

Dimensions
Réservoirs de liquide verticaux

Typ Type Type	Abmessungen in mm Dimensions in mm Dimensions en mm																
	A	A*	B	B**	C	øD	E*	F	G	øI	N	O	O*	P	P*	R	Ø
FS36	389	-	133	176	135	108	135	98	-	75	299	-	138	-	-	-	(M10)
FS56	353	379	203	246	206	159	212	120	170	200	260	-	127	-	260	-	13
FS76	478	504	203	232	206	159	212	120	170	200	385	-	172	-	372	-	13
FS126	440	466	258	286	260	216	265	124	220	250	325	-	183	-	325	-	13
FS102	666	-	231	-	210	159	-	110	170	200	510	145	-	-	-	475	13
FS152	924	-	233	-	210	159	-	110	170	200	760	175	-	-	-	695	13
FS202	710	-	296	-	264	216	-	124	156	250	-	139	-	-	-	484	13
FS252	870	-	296	-	264	216	-	124	156	250	-	164	-	274	-	644	13
FS302	994	-	296	-	264	216	-	124	156	250	-	179	-	324	-	749	13
FS402	1264	-	296	-	264	216	-	124	156	250	-	209	-	424	-	989	13
FS562	1021	-	379	-	340	298	-	154	205	320	-	179	-	324	-	759	13
FS732	1271	-	380	-	340	298	-	154	205	320	-	204	-	414	-	984	13
FS902	1526	-	380	-	340	298	-	154	205	320	-	234	-	494	-	1204	13
FS1122	1290	-	473	-	415	368	-	198	255	400	-	213	-	418	-	1003	13
FS1602	1790	-	472	-	415	368	-	198	255	400	-	258	-	578	-	1458	13
FS2202	1440	-	659	-	541	500	-	263	340	520	-	248	-	473	-	1098	14
FS3102	1940	-	659	-	541	500	-	263	340	520	-	293	-	633	-	1553	14
FS4002	1528	-	858	-	706	650	-	357	460	700	-	267	-	507	-	1147	18
FS4752	1778	-	858	-	706	650	-	357	460	700	-	285	-	587	-	1395	18
FS5502	2028	-	858	-	706	650	-	357	460	700	-	317	-	667	-	1647	18

* Optionset vgl. Seite 2 unten
** Absperrventil ist Option

* Option set see page 2 bottom
** Shut-of valve is option

* Paquet d'options voir en bas de la page 2
** vanne d'arrêt est option

ANEXO 19

AMORTIGUADORES DE VIBRACIÓN

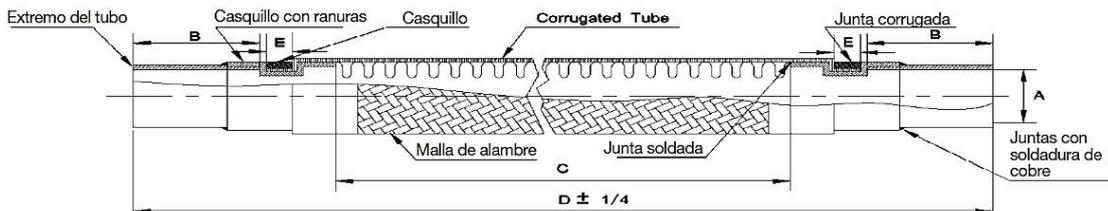
Materiales

Tubo acanalado	Malla de alambre	Casquillo con ranuras	Casquillo	Extremo del tubo
Tipo 304	Tipo 304	Tipo 304	Tipo 304	Cobre

Dimensiones y presiones de funcionamiento máximas

Número de modelo	Diámetro exterior real de las tuberías de cobre (pulgadas)	Dimensiones (mm)					Presión de funcionamiento máxima (bares)	Presión de descarga (bares)
		A (Diámetro interior)	B (±3)	C (±3)	D (±6)	E (±1,5)		
VABD02SS	1/4 de pulgada	6,7	17	133	202	10	44,81	224,07
VABD03SS	3/8 de pulgada	9,6	18	141	215	10	44,81	224,07
VABD04SS	1/2 de pulgada	12,8	18	151	225	10	44,81	224,07
VABD05SS	5/8 de pulgada	16,2	20	169	247	10	44,81	224,07
VABD06SS	3/4 de pulgada	19,2	23	180	266	11	44,81	224,07
VABD07SS	7/8 de pulgada	22,5	25	211	301	11	44,81	224,07
VABD09SS	1-1/8 de pulgada	28,8	32	223	329	12	41,35	206,75
VABD11SS	1-3/8 de pulgada	35,3	35	274	392	14	37,9	189,52
VABD13SS	1-5/8 de pulgada	41,7	40	295	425	16	35,14	175,74
VABD17SS	2-1/8 de pulgada	54,5	50	370	520	16	27,56	137,84
VABD21SS	2-5/8 de pulgada	67,0	60	434	613	19	24,12	120,61
VABD25SS	3-1/8 de pulgada	79,6	70	481	680	19	22,05	110,27
VABD29SS	3-5/8 de pulgada	92,5	85	579	812	21	13,09	39,28
VABD33SS	4-1/8 de pulgada	104,9	90	589	832	21	13,09	39,28

Número de modelo	Diámetro exterior real de las tuberías de cobre (mm)	Dimensiones (mm)					Presión de funcionamiento máxima (bares)	Presión de descarga (bares)
		A (Diámetro interior)	B (±3)	C (±3)	D (±6)	E (±1,5)		
VABD06MMSS	6	6,7	17	133	202	10	44,81	224,07
VABD10MMSS	10	10,2	18	141	215	10	44,81	224,07
VABD12MMSS	12	12,2	18	151	225	10	44,81	224,07
VABD15MMSS	16	16,2	20	169	247	1	44,81	224,07
VABD18MMSS	18	18,3	23	180	266	11	44,81	224,07
VABD22MMSS	22	22,5	25	211	301	11	44,81	224,07
VABD28MMSS	28	28,3	32	223	329	12	41,35	206,75
VABD35MMSS	35	35,3	35	274	392	14	37,9	189,52
VABD42MMSS	42	42,5	40	295	425	16	35,14	175,74
VABD54MMSS	54	54,5	50	370	520	16	27,56	137,84
VABD64MMSS	64	64,5	60	434	613	19	24,12	120,61
VABD76MMSS	76	76,5	70	481	680	19	22,05	110,27
VABD89MMSS	89	89,5	85	579	812	21	13,09	39,28
VABD108MMSS	108	108,5	90	589	832	21	13,09	39,28



ANEXO 20

PRESUPUESTO REQUERIDO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA FRIGORÍFICA

Los costos de todos los materiales, equipos, y dispositivos necesarios para la construcción de las 4 cámaras que conforman la planta frigorífica, los cuales se determinaron y seleccionaron anteriormente, se detallan en las siguientes tablas:

COSTO DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL PISO DE LAS CÁMARAS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Gravilla	83,5 m ³	\$ 20/m ³	\$ 1.670
Arena de río	5,6 m ³	\$ 15/m ³	\$ 84
Tubos de PVC de 10 cm de diámetro	155 m	\$ 3,10/m	\$ 480,5
Lámina de polietileno de alta densidad de 0,2 mm de espesor	278,3 m ²	\$ 5,50/m ²	\$ 1.530,65
Poliuretano rígido (PUR) sin recubrimiento de 40 mm de espesor	278,3 m ²	\$ 25/m ²	\$ 6.957,5
Asfalto	13,9 m ³	\$ 700/m ³	\$ 9.730
Hormigón armado	55,7 m ³	\$ 300/m ³	\$ 16.710
Aglomerado de cemento	5,6 m ³	\$ 120/m ³	\$ 672
		TOTAL	\$ 37.834,65

COSTO DEL CERRAMIENTO DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Panel frigorífico PUR de 50 mm de espesor y chapa de 0,5 mm	641,22 m ²	\$ 35/m ²	\$ 22.442,7
Puerta frigorífica corredera de 1,80 x 2,80 x 0,06 m	8	\$ 2.600	\$ 20.800
Cortina de lamas corredera en PVC de 1,80 x 2,80 m	8	\$ 578,56	\$ 4.628,48
		TOTAL	\$ 47.871,2

COSTO DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA FRIGORÍFICA DE CADA CÁMARA			
EQUIPOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Evaporador de doble flujo Luvata modelo DFE 34EH3, con capacidad nominal en alta y baja velocidad de 11,28 KW y 9,72 KW respectivamente	1	\$ 3.850	\$ 3.850
Evaporador cúbico Luvata modelo CTE 233H3 con capacidad nominal de 11,8 KW y desescarche eléctrico	1	\$ 4.220	\$ 4.220
Evaporador cúbico Luvata modelo CTE 80H3 con capacidad nominal de 4,11 KW	2	\$ 1.650	\$ 3.300
Condensador por aire Luvata modelo TCE 6-6 con capacidad de 5,5 KW	2	\$ 850	\$ 1.700
Condensador por aire Luvata modelo TCE 14-4 con capacidad de 13,3 KW	1	\$ 1.750	\$ 1.750
Condensador por aire Luvata modelo TCE 15-4 con capacidad de 15,1 KW	1	\$ 2.000	\$ 2.000
Compresor Bitzer modelo 2DES-2Y de 2 HP de potencia nominal	1	\$ 1.285,10	\$ 1.285,10
Compresor Bitzer modelo 4FES-3Y de 3 HP de potencia nominal	1	\$ 1.510,70	\$ 1.510,70
Compresor Bitzer modelo 2HES-1Y de 1 HP de potencia nominal	2	\$ 855,15	\$ 1.710,30
DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICO			
Válvula de Expansión Termostática Emerson modelo TCLE de $1\frac{1}{2}$ TR de capacidad nominal y tamaño de conexión de 3/8"	1	\$ 130	\$ 130
Válvula de Expansión Termostática Emerson modelo BAE de 3 TR de capacidad nominal y tamaño de conexión de 1/2"	1	\$ 170	\$ 170
Válvula de Expansión Termostática Emerson modelo BAE de $3\frac{1}{2}$ TR de capacidad nominal y tamaño de conexión de 1/2"	2	\$ 190	\$ 380
Válvula Solenoide con bobina Emerson modelo 100RB 2S3, con	2	\$ 60	\$ 120

capacidad nominal de 1,2 TR y tamaño de conexión de 3/8"			
Válvula Solenoide con bobina Emerson modelo 200RB 3T4, con capacidad nominal de 3,6 TR y tamaño de conexión de 1/2"	2	\$ 90	\$ 180
Válvula Reguladora de Presión de Evaporación Parker Sporlan modelo ORIT-6-0/50 con tamaño de conexión de 5/8"	2	\$ 180	\$ 360
Válvula Reguladora de Presión de Evaporación Parker Sporlan modelo ORIT-10-0/50 con tamaño de conexión de 7/8"	2	\$ 300	\$ 600
Termostato Danfoss tipo KP 71 con gama de regulación de -5 a 20°C	4	\$ 120	\$ 480
Presostato dual Danfoss tipo KP 15 con rango de regulación de -0,2 a 7,5 bars en baja presión, y de 8 – 32 bars en alta presión	4	\$ 160	\$ 640
DISPOSITIVOS ANEXOS			
Filtro deshidratador Sporlan Catch-All tipo C-083-S con capacidad de flujo de 4,7 TR y tamaño de conexión de 3/8"	2	\$ 14	\$ 28
Filtro deshidratador Sporlan Catch-All tipo C-304-S con capacidad de flujo de 10,1 TR y tamaño de conexión de 1/2"	2	\$ 38	\$ 76
Visor de líquido tipo HMI 1TT3 con tamaño de conexión 3/8"	2	\$ 25	\$ 50
Visor de líquido tipo HMI 1TT4 con tamaño de conexión 1/2"	2	\$ 28	\$ 56
Separador de aceite hermético Carly modelo Turboil 2505 S/MMS con tamaño de conexión de 5/8"	2	\$ 305	\$ 610
Separador de aceite hermético Carly modelo Turboil 1503 S con tamaño de conexión de 3/8"	2	\$ 280	\$ 560
Acumulador de succión modelo PA5083-11-7C con capacidad de almacenamiento de 108 onzas de refrigerante.	1	\$ 155	\$ 155
Acumulador de succión modelo PA5083-12-7C con capacidad de almacenamiento de 125 onzas de refrigerante	1	\$ 170	\$ 170
Acumulador de succión modelo PA3060-15-5 con capacidad de	2	\$ 130	\$ 260

almacenamiento de 55 onzas de refrigerante			
Depósito de líquido tipo FS56 con capacidad de 5,6 litros	2	\$ 120	\$ 240
Depósito de líquido tipo FS36 con capacidad de 3 litros	2	\$ 90	\$ 180
Tubería rígida de cobre tipo L de 3/8"	13,90 m	\$ 3,90/m	\$ 54,21
Tubería rígida de cobre tipo L de 1/2"	12,40 m	\$ 5,90/m	\$ 73,16
Tubería rígida de cobre tipo L de 5/8"	13,30 m	\$ 7,50/m	\$ 99,75
Tubería rígida de cobre tipo L de 7/8"	11,80	\$ 13,90/m	\$ 164,02
Coquilla Armaflex XG-19X022 de 19 mm de espesor.	13,30 m	\$ 9,15/m	\$ 121,69
Coquilla Armaflex XG-19X015 de 19 mm de espesor.	12,60 m	\$ 7,60/m	\$ 95,76
Codo a 90° H-H de 3/8"	12	\$ 0,95	\$ 11,40
Codo a 90° H-H de 1/2"	12	\$ 1,08	\$ 12,96
Codo a 90° H-H de 5/8"	12	\$ 1,90	\$ 22,80
Codo a 90° H-H de 7/8"	12	\$ 3,60	\$ 43,20
Sifón H-H de 5/8"	2	\$ 8,50	\$ 17
Sifón H-H de 7/8"	2	\$ 22,70	\$ 45,40
Amortiguador de vibración Parker Sporlan con tamaño de conexión de 3/8"	2	\$ 23,22	\$ 46,44
Amortiguador de vibración Parker Sporlan con tamaño de conexión de 5/8"	4	\$ 27,10	\$ 108,40
Amortiguador de vibración Parker Sporlan con tamaño de conexión de 7/8"	2	\$ 40,65	\$ 81,30
Refrigerante R-134a	12 Kg	\$ 240	\$ 240
		TOTAL	\$ 28.008,59

Costo de Instalación de las Máquinas frigoríficas de las Cámaras

El costo de la instalación de todos los equipos y dispositivos de control automático y anexos que conforman la máquina frigorífica es aproximadamente el 15% del valor total del costo de estos componentes, con lo cual el costo de instalación de las 4 máquinas frigoríficas es:

$$Costo_{Inst. Maq. Frig.} = 0,15 * 28.008,59 = \$ 4.201,3$$

Costo de Construcción del piso de las 4 Cámaras

El costo de construcción del piso de todas las cámaras se estima en \$ 60/m³. Ya que el volumen del piso de las cámaras es 175,33 m³ se tiene un costo total de:

$$Costo_{Const. Piso} = 60 * 175,33 = \$ 10.519,8$$

Costo de Construcción del Cerramiento de las 4 Cámaras

El costo de construcción del cerramiento de todas las cámaras se estima en \$ 15/m². Ya que el área total de los paneles frigoríficos tipo sándwich PUR que conforman el cerramiento es de 641,22 m² se tiene un costo de \$ 9.618,3. A este valor también hay que sumarle el costo de instalación de las puertas frigoríficas y cortinas de lamas, cuyo valor se estima en \$ 120 por cada puerta y cortina. Ya que son un total de 8 puertas y 8 cortinas se tiene un costo de \$ 960. Por lo tanto el costo total es:

$$Costo_{Const. Cerr. Cáms.} = 9.618,3 + 960 = \$ 10.578,3$$

Costo Total de la Instalación de la Planta Frigorífica

El costo total de la instalación de la planta frigorífica es igual a la suma de todos los costos determinados anteriormente, con lo cual se tiene:

$$Costo_{Planta Frig.} = 37.834,65 + 47.871,2 + 28.008,59 + 4.201,3 + 10.519,8 + 10.578,3 = \$ 139.013,84$$

BIBLIOGRAFÍA

1. Jiménez, José. *Manual práctico para el cultivo de pina de exportación*. Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1999.
2. Salazar, Raúl. *Sistemas de Cultivo de la Piña*. ICA, Produmedios, 1994.
3. *Plan de mejora competitiva. Fruta Tropical: Piñas*. Disponible en: <http://simce.ambiente.gob.ec/documentos/plan-mejora-competitiva-pinas>
4. *Perfil de Piña Ecuatoriana*. Disponible en: <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2011/11/PROEC-P2011-PINA-ECUATORIANA.pdf>
5. Castañeda de Pretelt. *Manual de Manejo y Post Cosecha para la Piña de Exportación*. OIRSA/VIFINEX, 2007. Disponible en: http://www.oirsa.org/portal/Biblioteca_Virtual.aspx
6. García, Abel; Rodríguez Mérilyn. *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la Producción de Piña en Costa Rica*. Disponible en: <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-banacol/Manual%20BPA%20Banacol.pdf>
7. *Manual Técnico de Frutas y Verduras*. Disponible en: <http://abcdefrutasyverduras.com/>

8. Piña. *Estudio Agroindustrial en el Ecuador: Competitividad de la Cadena de Valor y Perspectivas de Mercado*. Quito: UTEPI, 2006. Disponible en: <http://www.unido.org/en/resources/publications/imported-publications/pina-estudio-agroindustrial-en-el-ecuador-competitividad-de-la-cadena-de-valor-y-perspectivas-de-mercado.html>
9. Bruno de Miranda; Rodríguez, Carlos. *Instalaciones Frigoríficas*. Disponible en: <http://www.ingenierosindustriales.com/descargas/>
10. Emerson Climate Technologies. *Manual Técnico de Refrigeración y Aire Acondicionado*. Disponible en: <http://www.emersonclimate.com/es-LA/Resources/Documents/Emerson-ManualTecnico2013.pdf>
11. Rapin, P.J.; Jacquard, P. *Instalaciones Frigoríficas*. Tomo 2. España: Marcombo, 1997.
12. Dossat, Roy. *Principios de Refrigeración*. México: Compañía Editorial Continental, 1980.
13. Stoecker, W.F. *Refrigeración y Acondicionamiento de Aire*. México: McGraw-Hill, 1978.
14. Air Conditioning and Refrigeration Institute. *Refrigeración y Aire Acondicionado*. Madrid: Editorial Prentice Hall, 1979.
15. Hernández Goribar, Eduardo. *Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración*. México: Editorial Limusa, 2009.

16. Villanueva Manresa, Rafael. *Refrigerantes para Aire Acondicionado y Refrigeración*. Alicante: Editorial Club Universitario.
17. Franco Lijó, Juan Manuel. *Manual de Refrigeración*. Barcelona: Editorial Reverté, 2006.
18. Miranda Barreras, Ángel Luis. *Manual Técnico de Refrigerantes*. Barcelona: Marcombo, 2012.
19. Wirz Dick. *Refrigeración Comercial para técnicos de aire acondicionado*. Editorial Paraninfo, 2008.
20. Vargas Zúñiga, Ángel. *Curso de Refrigeración*. 2^{da} Edición. Guayaquil: Editorial Series VZ, 1974.
21. Vargas Zúñiga, Ángel. *Manual de la Industria del Camarón*. Guayaquil: Editorial Series VZ, 1987.
22. Vargas Zúñiga, Ángel. *Transporte de Carga en Buques Refrigerados*. Guayaquil: Editorial Series VZ, 1991.
23. Vargas Zúñiga, Ángel. *Instalaciones Frigoríficas para Buques Pesqueros*. 2^{da} Edición. Guayaquil: Editorial Series VZ, 1994.