

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**IMPLEMENTACIÓN DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN
PARA ALMACENAMIENTO DE PALTA HASS CON UNA
CAPACIDAD DE 1680 TONELADAS**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico

AUTOR:

Rafael Jorge Saldivar Galarza

ASESOR:

Enrique José Barrantes Peña

Lima, julio 2019

RESUMEN

El presente proyecto consiste en implementar una cámara de refrigeración para el almacenamiento de 1680 toneladas de palta Hass, la cual debe trabajar a una temperatura ambiente de +5° C. El producto es almacenado en paletas, las cuales se distribuyen en un sistema de almacenamiento conocido como estantes (racks) acumulativos. Para obtener la temperatura del aire al interior de la cámara, se usó un sistema de refrigeración con R-717 (Amoniaco) bombeado; debido a su alta eficiencia y bajo potencial de calentamiento global (de su sinónimo en inglés PCG) en comparación a los refrigerantes sintéticos (Cero Grados Celsius 2015).

El diseño final se basó en las necesidades de producción del cliente en alta demanda (toneladas por día) y en el estudio de catálogos y manuales de refrigeración para la selección de equipos de la cámara frigorífica.

El sistema de refrigeración con R-717 bombeado, tiene como principales componentes: un compresor de tornillo, un motor asíncrono trifásico, un condensador, evaporadores simple efecto, válvulas de expansión, tanques presurizados (tanque separador y tanque receptor), bombas de amoniaco, dispositivos de seguridad (presostatos) y dispositivos de control (termostatos). Para el aislamiento, se consideraron paneles de poliestireno expandido de 100 mm de espesor. Finalmente, para la parte estructural se consideraron perfiles de acero galvanizado, teniendo como medidas finales de la cámara frigorífica: 53.5 m (L) x 23.2 m (A) x 9.6 m (H).

El trabajo realizado contempló el cálculo de cargas térmicas, la selección de los principales equipos de refrigeración y el cálculo de tuberías. Adicionalmente, en los anexos se muestran ejemplos de selección usando softwares y catálogos.

Finalmente, se muestra el detalle del costo estimado para la implementación de la cámara de refrigeración el cual asciende a \$ 602,123.



DEDICATORIA:

A mis padres Jorge y Guina quienes son los que me guían en la vida.

A mi amada Claudia y a mis adorados hijos Gía y Mateo, quienes son mi motor para crecer en la vida.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	3
1.1. Generalidades de la Palta Hass	3
1.2. Procesos Involucrados para la Exportación de Palta Hass	4
1.3. Principales Componentes de un Sistema de Refrigeración.....	15
1.3.1. Compresores	15
1.3.2. Condensadores.....	17
1.3.3. Evaporadores.....	19
1.3.4. Tanques para Sistema de Refrigeración.....	19
1.3.5. Dispositivos de Expansión.....	21
1.3.6. Paneles Aislantes	24
1.3.7. Puertas Frigoríficas.....	25
1.3.8. Dispositivos de Control y de Seguridad	26
1.4. Descripción del Sistema de Refrigeración Propuesto.....	33
1.5. Descripción de la Cámara de Refrigeración para Paltas	34
Bibliografía del Capítulo 1	37
CAPÍTULO 2: DETERMINACIÓN DE CARGAS TÉRMICAS.....	40
2.1. Carga por Transmisión.....	40
2.2. Carga por Producto.....	41
2.3. Cargas Internas.....	43
2.4. Cargas por Infiltración	47
2.4.1. Infiltración por Intercambio de Aire.....	47
2.4.2. Infiltración de flujo directo a través de las entradas.....	53
2.5. Otras Cargas	55
2.6. Cálculo de Carga Térmica con el Software CRS	57
CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN	62
3.1. Selección de Compresor.....	62
3.2. Selección de Evaporadores.....	65
3.3. Selección de Condensador Evaporativo	68
3.4. Selección de Tanques.....	69
3.4.1. Tanque Recibidor.....	69
3.4.2. Tanque de Recirculación	71
3.5. Cálculo de Bomba de Amoniaco	72
3.6. Cálculo de Tuberías	74
3.7. Selección de Puertas	77

3.8.	Selección de Componentes Eléctricos	77
3.8.1.	Selección de Conductores e Interruptores	77
CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO DEL PROYECTO		87
4.1.	Equipos y Componentes de la Cámara de Refrigeración	87
4.1.1.	Equipos de Refrigeración	87
4.1.2.	Estantes Acumulativos	90
4.1.3.	Instalaciones Eléctricas	90
4.2.	Mano de Obra	91
4.3.	Costo Total del Proyecto.....	93
CONCLUSIONES		95

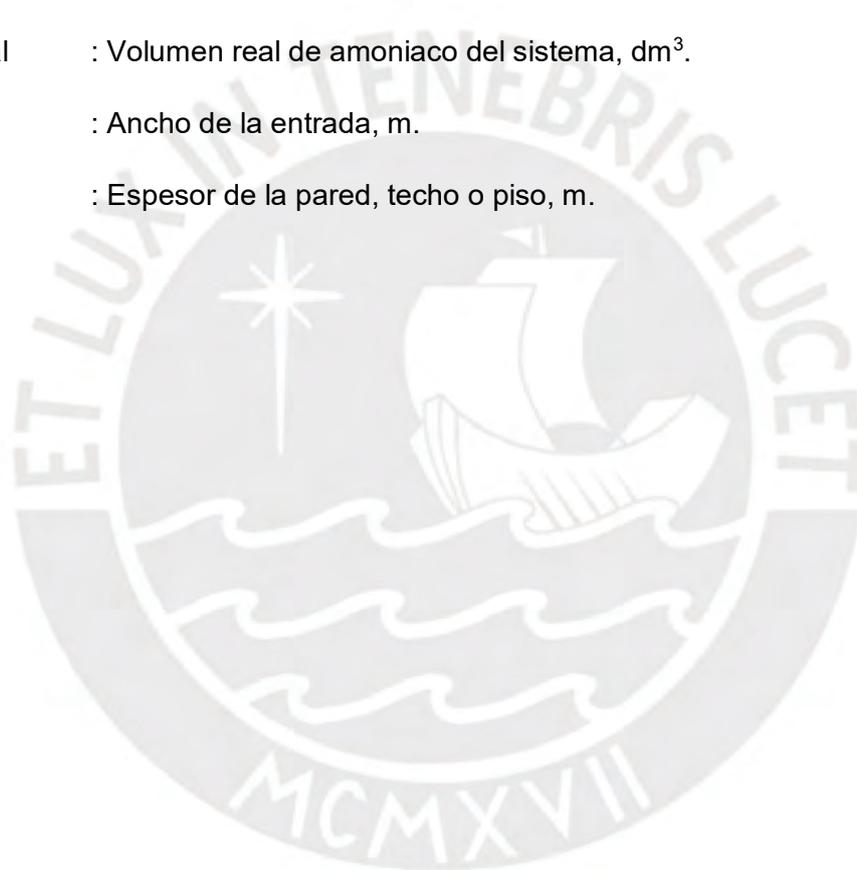


LISTA DE SÍMBOLOS

ρ_R	: Densidad del aire en el espacio refrigerado, kg/m^3 .
η	: Eficiencia.
θ_D	: Periodo de tiempo diario considerado, h.
θ_o	: Tiempo de permanencia abierta de una entrada o puerta, min.
θ_P	: Tiempo para apertura y cierre de una entrada o puerta, s.
ρ_i	: Densidad del aire que se infiltra, kg/m^3 .
ρ_R	: Densidad del aire en el espacio refrigerado, kg/m^3 .
δ	: Densidad, kg/m^3 .
ΔT	: Diferencia de temperaturas entre la temperatura ambiente y la del aire dentro del recinto, $^{\circ}\text{C}$.
A	: Sección de área, m^2 .
C_1	: Calor específico encima del punto de congelación $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$.
C_2	: Calor específico debajo del punto de congelación, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$.
$\cos\phi$: Factor de potencia.
D_F	: Factor flujo a través de la entrada.
D_T	: Factor de tiempo.
E	: Efectividad del dispositivo protector de infiltración.
F_M	: Factor de densidad.
g	: Aceleración normal de la gravedad, 9.8 m/s^2 .
H	: Altura de la entrada, m.
h_o	: Conductividad de la superficie exterior, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
h_i	: Conductividad de la superficie interior, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

h_i	: Entalpía del aire infiltrado, kJ/kg.
h_i	: Entalpía del aire que se infiltra al espacio refrigerado, kJ/kg.
h_R	: Entalpía del aire en el espacio refrigerado, kJ/kg
h_{sf}	: Entalpía de fusión, kJ/kg.
I	: Corriente, A.
I_d	: Corriente de diseño. A.
I_n	: Corriente nominal, A.
K	: Conductividad Térmica del material de las paredes, W/ (m.K)
m	: Masa del producto, kg.
n	: Tiempo, h.
p	: Número de pasajes, puertas o entradas de aire.
P	: Potencia consumida (W).
Q	: Carga de refrigeración latente o sensible, kW.
Q_A	: Carga térmica por flujo directo de aire, kW.
\dot{Q}_H	: Carga térmica de una persona, W.
Q_I	: Carga térmica media para un periodo de 24 horas, kW.
Q_p	: Carga promedio por productos, kW.
$Q_{s/A}$: Flujo de calor sensible de infiltración de aire a través de la entrada, kW/m ² .
\dot{Q}_T	: Flujo de calor que atraviesa la construcción, W.
SHF	: Relación de calor sensible al calor total.
T_1	: Temperatura inicial del producto, °C.

- T_3 : Temperatura final del producto congelado, °C.
- T_f : Temperatura de congelación, °C.
- U : Coeficiente global de transmisión de calor ($W/ m^2 \cdot ^\circ C$).
- v : Velocidad media del aire, m/s
- V : Voltaje (V).
- Vol. Evap.Total : Volumen total de los evaporadores, dm^3 .
- Vol. real : Volumen real de amoniaco del sistema, dm^3 .
- W : Ancho de la entrada, m.
- X : Espesor de la pared, techo o piso, m.



I. INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los países productores de paltas más grandes del mundo ocupando el segundo lugar con una producción exportada de 246 mil toneladas en el año 2017 (Koo 2018). Entre las provincias con mayor volumen de producción de paltas exportadas tenemos a Virú, localizada en el departamento de La Libertad. La provincia de Virú ha registrado un volumen exportado de más de 117 mil toneladas en el año 2017, colocándose como la provincia con el mayor volumen de paltas exportadas en el Perú en el 2017 (Diario Correo 2018).

El caso de estudio se presenta en la ciudad de Virú, el cual consiste en implementar una cámara de refrigeración para almacenar 1680 toneladas de palta Hass a una temperatura de +5°C. Para lograr dicho objetivo, se requiere contar con un sistema de enfriamiento; el cual, para este caso, considera un sistema de enfriamiento con R-717 (Amoníaco) recirculado o también llamado bombeado. El sistema tiene como principales componentes a un compresor de tornillo, un condensador evaporativo, evaporadores simple efecto, válvulas de expansión, tanques presurizados y bombas de amoníaco. El proceso es el siguiente: el compresor succiona el amoníaco en estado de vapor saturado que se encuentra en el tanque separador, una vez comprimido el amoníaco en estado vapor sobrecalentado, se procede a circularlo a través del condensador evaporativo para conseguir amoníaco en estado líquido saturado con alta presión; luego, el amoníaco en estado líquido saturado pasa por el sistema de válvulas de expansión e ingresa al tanque separador; una bomba se encarga de circular el amoníaco en estado líquido saturado a través de los evaporadores simple efecto generándose la transferencia de calor entre los evaporadores y las paltas contenidas en la cámara refrigerada.

El contenido del presente caso de estudio, mostrará en la primera parte las generalidades de la palta y una descripción del sistema de refrigeración propuesto para la cámara refrigeración. En la segunda parte, se desarrolla la determinación de cargas térmicas en la cámara de refrigeración mediante el uso del software CRS. En la tercera parte se realizará la selección de los principales equipos de refrigeración. Por último, en la cuarta parte se mostrará el costo estimado del proyecto.

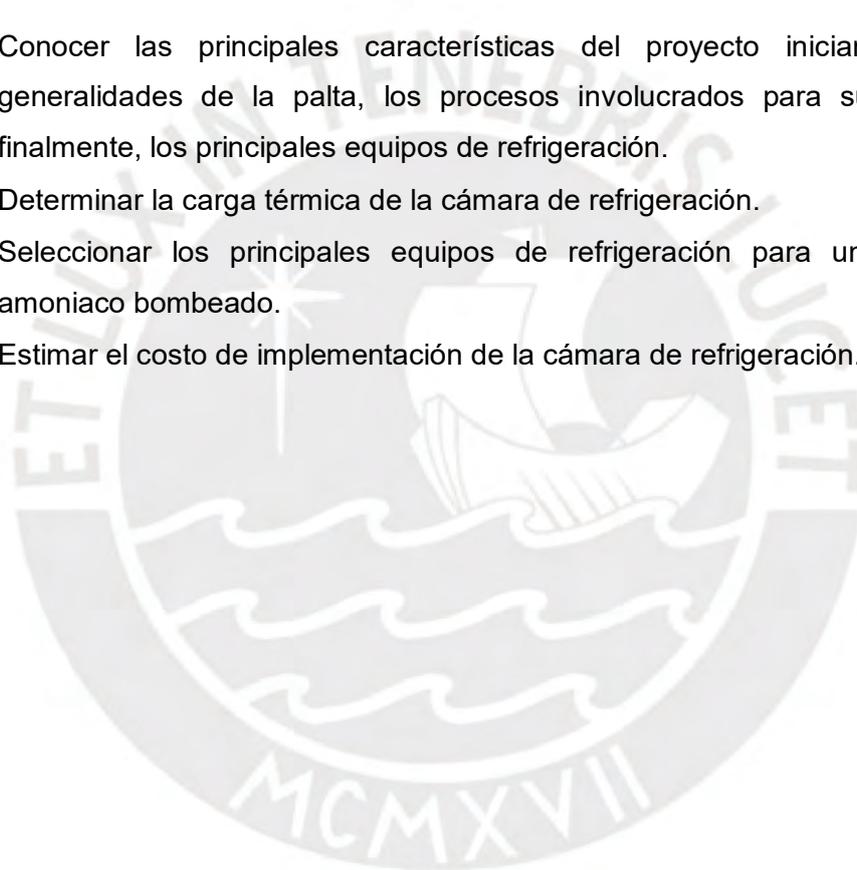
II. OBJETIVOS

II.1 Objetivo General

Implementar una cámara de refrigeración con una capacidad de almacenamiento de 1680 toneladas de paltas Hass usando un sistema de refrigeración de amoníaco bombeado para mantener a $+5^{\circ}\text{C}$ la temperatura interna.

II.2 Objetivos Específicos

- Conocer las principales características del proyecto iniciando con las generalidades de la palta, los procesos involucrados para su beneficio y finalmente, los principales equipos de refrigeración.
- Determinar la carga térmica de la cámara de refrigeración.
- Seleccionar los principales equipos de refrigeración para un sistema de amoníaco bombeado.
- Estimar el costo de implementación de la cámara de refrigeración.



CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

En este primer capítulo se describen las generalidades de la palta; es decir, se muestra la situación actual de la palta en el Perú y los procesos involucrados en la cadena de frío para la elaboración de la palta para exportación. Además, se describe condiciones generales de la cámara de refrigeración propuesta. Finalmente, se menciona los principales componentes que forman parte de la cámara de refrigeración; asimismo, el sistema de refrigeración propuesto basado en las características del producto a almacenar, la carga térmica y su inversión.

1.1. Generalidades de la Palta Hass

Las condiciones climáticas en conjunto con las características del suelo, hace a la costa peruana como el mejor lugar para producir paltas Hass. Además, las modernas técnicas de agricultura como el uso de riego por goteo o micro aspersión y correcto uso de agroquímicos y fertilizantes permiten la optimización de los recursos hídricos e insumos usados en campo (ProHass Perú 2018).

Perú tiene como principales mercados a Países Bajos y Estados Unidos (ver figura 1.1); en consecuencia, obliga a que el transporte de la palta Hass sea vía marítima. El transporte marítimo tiene una duración estimada de 30 a 40 días y es realizada en contenedores refrigerados (ver figura 1.2), los cuales deben mantener la temperatura idónea para ralentizar el proceso de maduración de la palta (+5°C) hasta la llegada del producto en los mercados antes mencionados.



Figura 1.1: Exportación de Paltas Hass 2016 – 2017 (Koo 2018)



Figura 1.2: Contenedor Refrigerado marca MAERSK (Asociación Peruana de Agentes Marítimos 2017)

1.2. Procesos Involucrados para la Exportación de Palta Hass

El producto a procesar es la palta Hass, la cual es exportada como fruta entera. La palta Hass presenta una cáscara con tono oscuro; además, presenta una textura suave y cremosa.



Figura 1.3: Palta Hass (Agro Negocios Perú 2018)

A continuación, se procede a mencionar los procesos que atraviesa la palta Hass para su exportación, desde su cosecha hasta que sale de la planta de elaboración.

Cosecha

Las paltas son almacenadas en jabas de plástico de 20 kg, en promedio. Estas jabas, como medida de trazabilidad, deben contar con una etiqueta que indique, por lo menos,

el lote, el producto (palta) y la variedad (Hass). Luego, las jabas son trasladadas en camiones hacia la planta de procesamiento.



Figura 1.4: Cosecha manual de la palta Hass (Vivero Los Viñedos 2016)



Figura 1.5: Transporte de jabas de plástico con paltas (Vivero Los Viñedos 2016)



Figura 1.6: Etiquetado manual de jabas de plástico (Vivero Los Viñedos 2016)

Recepción

Los camiones provenientes de la cosecha llegan a la zona de recepción de la planta procesadora. Se debe tener en cuenta que la zona de recepción debe estar cerrada para evitar cualquier tipo de contaminación por insectos u otras plagas.



Figura 1.7: Llegada de camiones a la zona de recepción (Energroup 2016)



Figura 1.8: Descarga de jabas de plástico en la zona de recepción (Vivero Los Viñedos 2016)

Pesado

La palta que llega a la zona de recepción es pesada.



Figura 1.9: Pesado de jabas de plástico en la zona de recepción (Vivero Los Viñedos 2016)

Primera Inspección:

Una vez que se recepciona la palta, se procede a realizar una primera inspección previa al ingreso de la línea de procesamiento. Ésta, consiste en realizar una inspección visual de las paltas que acaban de ser descargadas en la zona de recepción. En este proceso, se procede a depurar las paltas que presenten defectos de condición y/o defectos de calidad.

Según Romero, comenta que la palta presenta dos tipos de defectos generales: defectos de condición y defectos de calidad (2015: 53-56).

Los principales **defectos de condición** son los siguientes:

- Fecas: Paltas contaminadas con excrementos de aves. Este tipo de defectos conllevan al descarte inmediato de la palta.
- Herida Abierta: Son paltas que presente exposición de la pulpa en la última fase de crecimiento; debido a cortes de tijera y/o ramas punzantes. Este defecto genera el descarte de la fruta.
- Golpes: Ocasionalmente por golpe sin ruptura en la epidermis, se manifiesta por un ablandamiento en la zona del daño que con el tiempo se oscurece provocando una variación en el sabor de la palta. Esto se debe al manejo brusco de la palta al momento de la cosecha y/o transporte. El golpe en la palta es considerado defecto cuando la superficie dañada individual o sumada supera 0.5 cm².
- Desgarro Peduncular: Son aquellas paltas que no presentan pedúnculo¹ y además presentan desgarro en dicha zona. Se considera defecto cuando se expone la pulpa.
- Frutos virados: Son aquellas paltas que presentan pigmentación de la epidermis con zonas de coloración negra característica de la madurez de la palta tipo Hass. Se consideran defectuosas cuando se quiere exportar paltas con pigmentación verde.
- Putrefacción: Cualquier palta con presencia de putrefacción es motivo de eliminación inmediata.
- Quemadura de sol: Son aquellas paltas que presentan pigmentación de la epidermis con zonas de coloración amarillenta. Esta pigmentación es causada por la exposición prolongada a la radiación solar.

¹Pedúnculo: Tallo de una hoja, fruto o flor por el cual se une al tallo de la planta.

Los principales **defectos de calidad** son los siguientes:

- Daño Lenticelar: Este defecto se considera cuando se tiene más de un 40% de superficie de la palta en color negro. Este problema ocurre, en la mayoría de los casos, cuando se realiza la cosecha con la fruta mojada.
- Russet: Alteración de la piel, que se manifiesta como una suberización áspera o rugosa al tacto o un reticulado característico de color pardo claro.
- Fumagina: Se trata de diferentes especies de hongos que se reproducen superficialmente en los frutos, formando una película de color negro. Se considera defecto cuando su extensión individual o sumada supera los 2,0 cm².
- Ausencia de Pedúnculo: Cuando se observa un hueco o depresión en la ubicación del pedúnculo.
- Herida Cicatrizada: Corresponde a daños de origen mecánico o causado por insectos que afectan la piel de la palta. Se considera defecto cuando se tiene una longitud mayor a 1,0 cm².
- Fruta Deforme: Deformación a manera de cresta o protuberancia.



Figura 1.10: Primera Inspección (Vivero Los Viñedos 2016)

Pre-selección:

En este proceso se preselecciona la fruta descartando las paltas con daños mecánicos, sobre madurez o alguna deformación fuera de los parámetros. Esta pre-selección previene el ingreso de productos defectuosos en la zona de lavado.



Figura 1.11: Mesa de Pre-selección (Maf Roda 2016)

Lavado:

Mediante aspersores se procede a lavar la fruta con agua clorada y con un fungicida.



Figura 1.12: Lavado de paltas por aspersión (Vivero Los Viñedos 2016)

Secado:

Para el proceso de secado, la palta es transportada por una faja a través de un túnel de secado el cual se realiza mediante aire forzado proveniente de varios ventiladores.

Selección:

Una vez que la palta fue secada, se procede a realizar la selección considerándose dos tipos factores: el calibre (tamaño) y la categoría (cantidad de defectos).

A continuación, se muestra la imagen 1.13 donde se muestra la tabla de calibres de las paltas para su exportación a EEUU, Japón, Canadá y la Unión Europea.



Figura 1.13: Calibres para exportación de palta Hass (APEAM 2016)

A continuación, se muestra la tabla de tolerancias máximas de defectos y daños que deben tener las paltas categoría I y categoría II para la exportación a Europa y EEUU (Romero 2015: 57).

Tabla 1.1: Tabla de defectos y daño en paltas Hass (Romero 2015)

CATEGORÍA DE DEFECTOS	Tolerancia (%) según Mercado		
	CAT 1 EUROPA	CAT 1 USA	CAT 2
DEFECTOS DE EMBALAJE			
Peso Neto	Sin Tolerancia a promedio de la muestra. Embalaje UK sin tolerancia a bajo peso neto en envases individuales		
Ausencia de PLU	5% de muestra		
Falta de Elementos de Embalaje o uso equivocado	CORREGIR EN PROCESO		
Ausencia de Rotulación Específica	CORREGIR EN PROCESO		
DEFECTO DE CLASIFICACIÓN (%)			
Descalibre (máximo 1 calibre)	10	10	10
FACTOR CUARENTENARIO (%)			
Insectos cuarentenarios vivos	0	0	0
DEFECTOS DE CONDICIÓN (%)			
Heridas Abiertas	0	0	0
Golpe (Machucón)	1	1	1
Desgarro Pedúncular	0	0	0
Frutos Virados (quiebre de color)	0	0	0
Pudrición	0	0	0
Fecas	0	0	0
Golpe de Sol (Quemadura de Sol)	0	0	0
SUMA DE DEFECTOS DE CONDICIÓN MÁXIMO	1	1	1
DEFECTOS DE CALIDAD (%)			
Daño Lenticelar	2	10	100
Russet	5	10	50
Fumagina	4	4	4
Herida Cicatrizada	2	5	25
Fruta Deforme	5	10	30
SUMA DE DEFECTOS DE CONDICIÓN MÁXIMO	10	10	100
SUMA TOTAL DE DEFECTOS	10	10	100

Empaque y Etiquetado:

Realizada la clasificación por tamaños y calidades se procede a empaquetar y etiquetar la palta Hass. Las presentaciones varían en base al usuario final. A continuación, en las figuras del 1.14 al 1.17, se muestran algunos tipos de empaques usados en el mundo.



Figura 1.14: Caja de cartón de 4.0 kg para Europa (Romero 2015)



Figura 1.15: Caja de cartón de 10.0 kg para Europa, Chile y Centro América (Romero 2015)



Figura 1.16: Caja de cartón de 11.2 kg para EEUU (Romero 2015)



Figura 1.17: Caja de cartón de 15.7 kg y 16.8 kg para EEUU (Romero 2015)

Pre-enfriado:

El producto empaquetado y etiquetado es paletizado e ingresado a los túneles de pre enfriamiento. Este proceso tiene como finalidad disminuir la temperatura de la fruta para así poder retardar la natural maduración de la misma. En el caso particular de la palta, la temperatura final del pre-enfriado debe ser $+5^{\circ}\text{C}$ (ASHRAE 2010: 332). En las figuras 1.18 y 1.19 se muestran el esquema de los túneles de pre frío.



Figura 1.18: Túnel de Pre-frio (Energroup 2016)

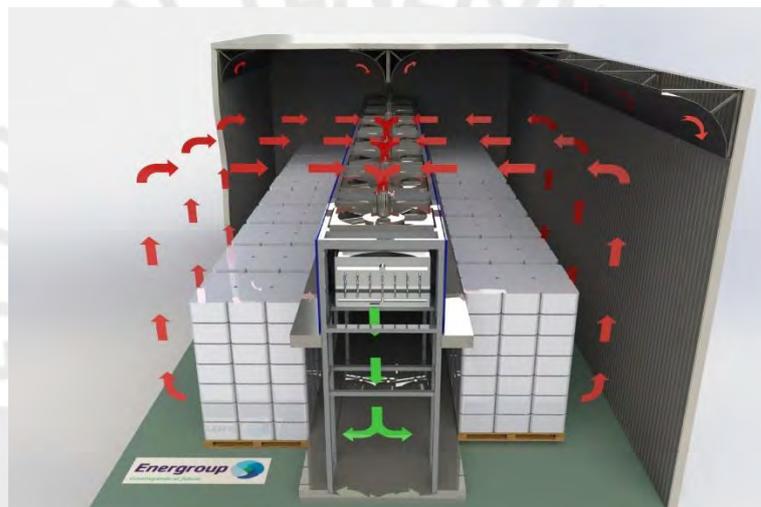


Figura 1.19: Túnel de Pre frio (Energroup 2016)

Almacenamiento:

Luego del proceso de pre-enfriado la palta debe mantener la temperatura final hasta que llegue el momento del despacho; para esto, se cuenta con una cámara de refrigeración la cual estará climatizada a una temperatura promedio de +5°C. El traslado del producto se realiza mediante montacargas eléctricos y/o apiladores.



Figura 1.20: Cámaras de Refrigeración con Estantes Acumulativos (JRM 2017)

Despacho:

El último proceso en la cadena de la elaboración de la palta (fruto entero) es el despacho. Las parihuelas ubicadas en las cámaras refrigeradas son trasladadas a contenedores frigoríficos (ver figura 1.22). Estos contenedores deberán mantener la temperatura de la palta (+5°C) hasta su destino final (exportación). Todos estos trabajos se realizan en la zona de despacho, la cual debe estar climatizada a una temperatura de +5°C para mantener la cadena de frío.



Figura 1.21: Despacho de Paltas (Vivero Los Viñedos 2016)



Figura 1.22: Traslado de paltas en contenedores frigoríficos (Romero 2015)

A continuación, se muestra el resumen de las actividades que intervienen en las fases productivas de la palta.

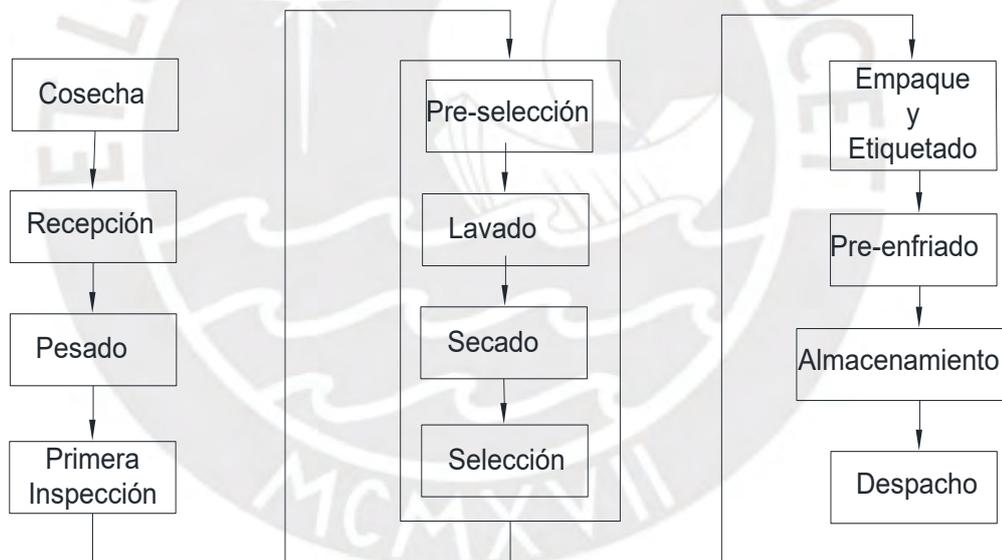


Figura 1.23: Diagrama de Flujo para el beneficio de palta Hass

1.3. Principales Componentes de un Sistema de Refrigeración

1.3.1. Compresores

Los compresores se clasifican en tres tipos principales:

- Compresor Alternativo

Equipo en el cual la compresión se realiza por el desplazamiento de un pistón en el interior de un cilindro. Pueden ser herméticos, semiherméticos o abiertos. Los herméticos se caracterizan por tener el compresor y el motor en un mismo compartimiento sellado. Por otro lado, los abiertos se caracterizan por tener el motor y el compresor acoplados exteriormente.



Figura 1.24: Compresores Alternativos o Reciprocantes (Bitzer 2015)

□ Compresor Rotativo

Los compresores rotativos son clasificados así a causa de realizar la compresión del gas por medio de rotación. Entre ellos tenemos a los compresores de paletas, de excéntrica, de espiral y de tornillo.



Figura 1.25: Compresor de Tornillo (Boge 2009)



Figura 1.26: Compresor de Pistón (GEA 2019)

❑ Compresores Centrifugos

Son dispositivos dinámicos que intercambian de forma continua momento angular entre un elemento rotativo (rodete) y el flujo de vapores de refrigerante.



Figura 1.27: Compresor Centrífugo (Mundo HVACR 2018)

1.3.2. Condensadores

Se encarga de realizar el cambio de fase del refrigerante de vapor sobrecalentado a alta presión a líquido saturado con alta presión, a través de un intercambio de calor a presión constante. En la industria de la refrigeración existen tres tipos de condensadores, ellos son:

❑ Condensador Enfriado por Agua

El condensador enfriado por agua, como su nombre lo indica, usa agua como medio condensante. Entre ellos tenemos:

- Casco y tubos (horizontal y vertical).
- Casco y serpentín (horizontal y vertical).
- Doble tubo.
- Atmosféricos.



Figura 1.28: Condensador enfriado por agua (Apema 2018)

□ Condensador Enfriado por Aire

Este tipo de condensador usa como medio condensante al aire. Este aire puede ser por convección forzada (ventiladores) o por convección natural.



Figura 1.29: Condensador enfriado por aire forzado (Guntner 2018)

□ Condensador Evaporativo

Los condensadores evaporativos combinan los dos mecanismos de enfriamiento antes mencionado; es decir, usan como medio condensante al agua y el aire.



Figura 1.30: Condensador Evaporativo (Evapco 2018)

1.3.3. Evaporadores

Los evaporadores son intercambiadores de calor entre fluidos refrigerantes, en los cuales se produce la transmisión de energía térmica dentro del dispositivo. Mientras el ambiente se enfría, el refrigerante gana calor cambiando de fase (a vapor) (Rodríguez, 2018).

Los evaporadores se clasifican en:

Según su operación

- ❑ Inundados
 - Recirculación de líquido (bombeado o por gravedad).
- ❑ Expansión seca
 - De superficie primaria (tubos desnudos, placas).
 - De superficie secundaria (aletas).

Según el tipo de construcción

- ❑ De tubos descubiertos.
- ❑ Superficie plana.
- ❑ Tubos aleteados.



Figura 1.31: Evaporador Simple Efecto (Guntner 2018)

1.3.4. Tanques para Sistema de Refrigeración

- ❑ Tanque Recibidor

Es el encargado de recibir la descarga del refrigerante líquido proveniente del condensador. Este tanque tiene la capacidad de almacenar el refrigerante de todo

el sistema. Pueden ser verticales u horizontales dependiendo del espacio disponible en la sala de máquinas.

□ Tanque de Recirculación

El tanque de recirculación o también llamado separador de líquido, separa el amoniaco líquido y amoniaco gaseoso. Esto con el fin de asegurar que el compresor succione vapor. Esta separación de estado del amoniaco se da mediante gravedad. La mezcla ingresa y en su recorrido las gotas de líquido caen por gravedad y se depositan en el fondo del tanque acumulándose y generando refrigerante en estado líquido, el cual será, posteriormente bombeado a los evaporadores, repitiéndose el ciclo. El nivel inferior del amoniaco líquido contenido en el tanque separador es graduado teniendo en cuenta una reserva de líquido para el funcionamiento de las bombas de amoniaco, para evitar cavitación, efectos de vórtice y tener las bombas siempre cebadas.

□ Tanque termosifón

Tanque que permite refrigerar el aceite de los compresores calentados por la compresión, mediante un sistema por rebose. Es importante asegurar que el tanque nunca este vacío, esto se logra ubicando la descarga del vapor/líquido por encima de la alimentación y ubicando en la base del termosifón la salida del refrigerante al enfriador, pero siempre antes que la salida del tanque receptor.

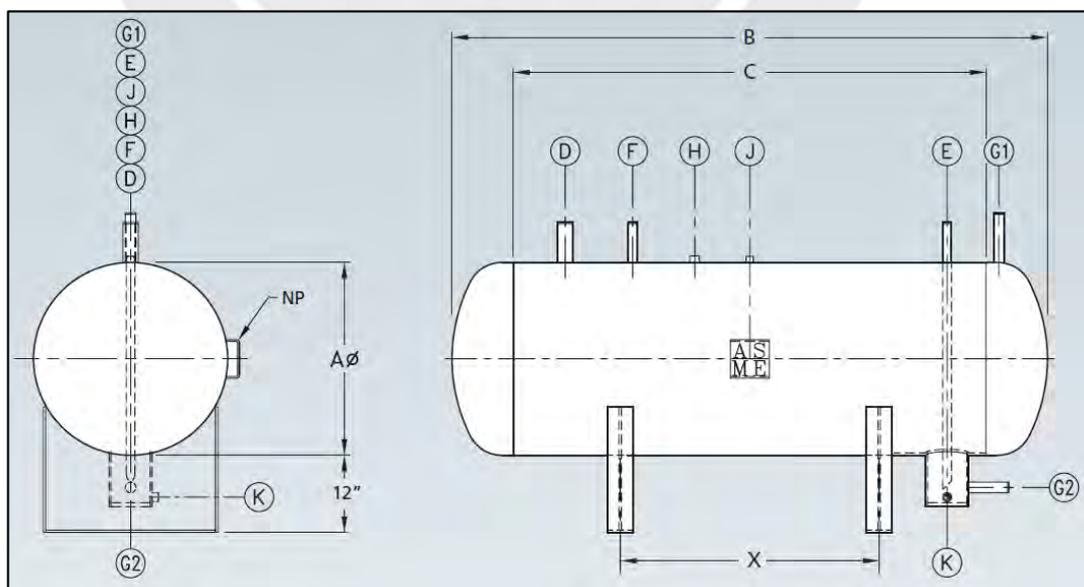


Figura 1.32: Tanque de Recibidor (Evapco 2015)

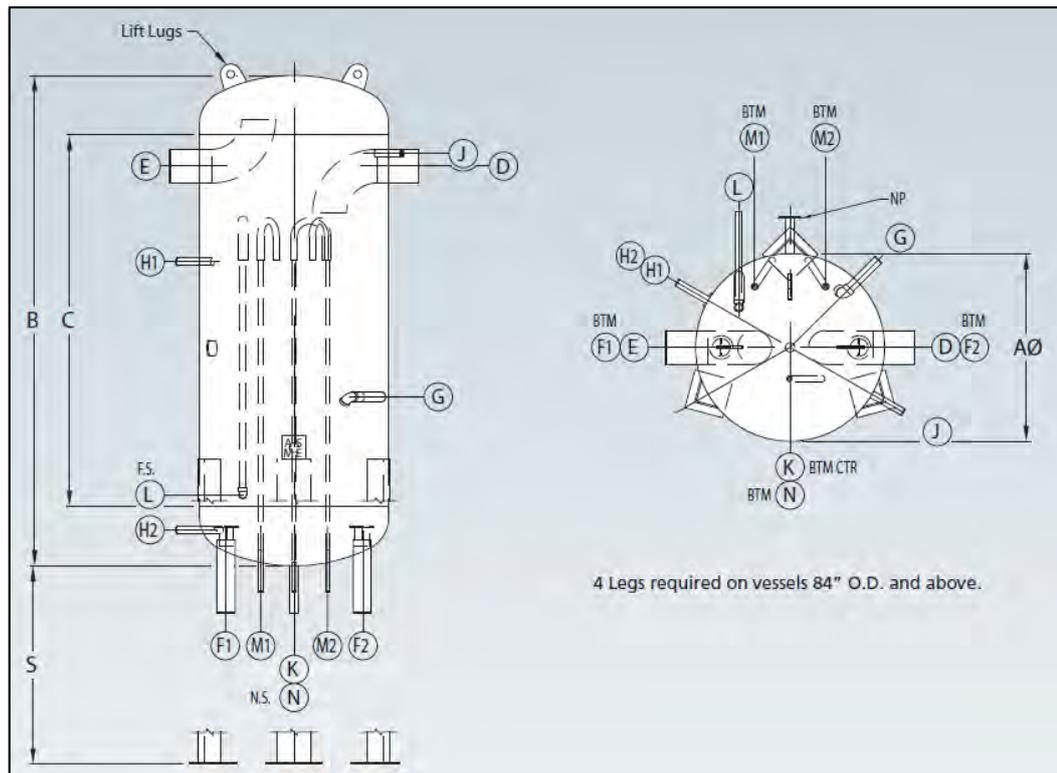


Figura 1.33: Tanque de Recirculación (Evapco 2015)

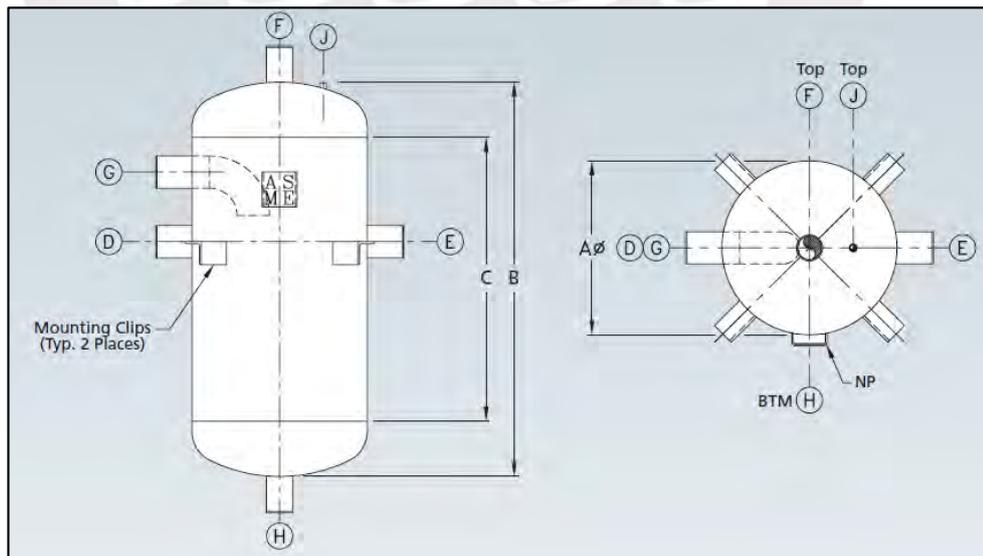


Figura 1.34: Tanques Termosifón (Evapco 2015)

1.3.5. Dispositivos de Expansión

En el sistema de refrigeración bombeado se requiere que el refrigerante después de bajar su temperatura isobáricamente en el condensador disminuya la presión

isoentálpicamente (caso teórico), para tal fin se requiere de un dispositivo de expansión que realice dicha tarea. Los dispositivos de expansión más usados en el rubro de refrigeración industrial son la válvula de expansión termostática y el tubo capilar.

□ Válvula de Expansión Termostática

La válvula de expansión termostática o válvula de termo expansión, es un dispositivo de medición diseñado para regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador, en la misma proporción en que el refrigerante líquido dentro del evaporador se va evaporando. Esto lo logra manteniendo un sobrecalentamiento predeterminado a la salida del evaporador (línea de succión), lo que asegura que todo el refrigerante líquido se evapore dentro del evaporador, y que solamente regrese al compresor refrigerante en estado gaseoso (Emerson 2013). La válvula de expansión termostática tiene como principales partes a los siguientes componentes:

- bulbo remoto;
- diafragma;
- varillas de Empuje;
- el asiento;
- la aguja;
- el resorte;
- la guía del resorte;
- el vástago de ajuste;

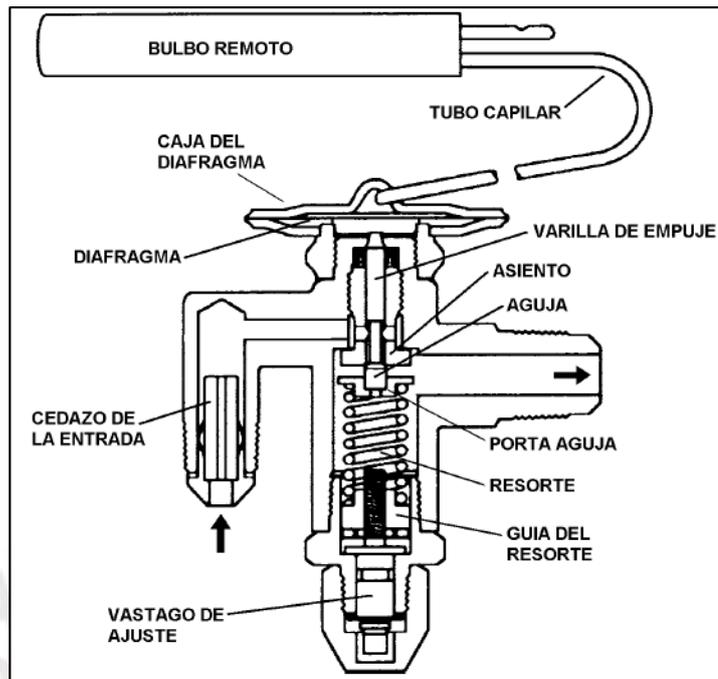


Figura 1.35: Corte de una válvula de termo expansión típica y sus partes principales (Emerson 2013)

□ Tubo Capilar

El tubo capilar es un dispositivo de cobre que mantiene controlada la presión con la que el flujo del refrigerante pasa entre el condensador y el evaporador, transformándolo de estado líquido a vapor. El dimensionamiento del tubo capilar depende del equipo en que se instale, así como de la carga térmica y del compresor. Por tanto, su selección se debe realizar de manera cuidadosa, de acuerdo con las especificaciones del fabricante (Cero Grados Celsius, 2018). Además, es importante considerar lo siguiente:

- Se debe considerar si formará parte de los componentes de un sistema de aire acondicionado o de refrigeración.
- Las temperaturas de conservación, condensación, succión y ambiente.
- El tipo de refrigerante.
- El grado de subenfriamiento.



Figura 1.36: Tubo capilar de cobre con tuerca (Redhogar 2019)

1.3.6. Paneles Aislantes

Los paneles aislantes tienen la función de minimizar las pérdidas por conducción y convección entre los lados interior y exterior de la cámara. A su vez, estos paneles están disponibles en distintos espesores lo que implica una variación indirectamente proporcional a su coeficiente global de transferencia de calor. De esta manera a mayor diferencia de temperatura exterior e interior, mayor espesor de panel se requerirá para un mismo material. Los tipos de paneles más comerciales en el rubro de la refrigeración son los paneles de poliestireno expandido (POL) y los paneles de poliuretano inyectado (PUR). En este proyecto, se optó por usar paneles de POL debido a que se está climatizando la cámara a una temperatura positiva (mayor a $+0^{\circ}\text{C}$); y también, debido a que su precio es menor que el PUR (Emerson 2013). El panel seleccionado tiene un espesor de 100 mm, según el cálculo mostrado en el anexo 07. Los paneles de poliestireno están constituidos por dos láminas de acero, con núcleo aislante de poliestireno de alta densidad ($18\text{-}20\text{ kg/m}^3$). La capacidad estructural del panel permite ser utilizado como sistema constructivo autosoportante en edificios de uno o más pisos. Presenta una superficie homogénea lo cual nos brinda una gran facilidad para su limpieza.

□ Propiedades Térmicas

Tabla 1.2: Propiedades térmicas de la panelería POL (TUPEMESA, 2015).

Espesor (mm)	Peso (kg/m ²)	Largo Máximo (m)	Elementos Horizontales (Flujo Ascendente)		Elementos Verticales (Flujo Horizontal)			
			Resistencia Térmica ⁽¹⁾ [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	9,1	8	1,442	0,693	0,597	1,472	0,679	0,584
75	9,6	12	2,093	0,478	0,411	2,123	0,471	0,405
100	10,1	14	2,744	0,364	0,314	2,774	0,360	0,310
120	10,5	14	3,265	0,306	0,264	3,295	0,303	0,261
150	11,1	14	4,046	0,247	0,213	4,076	0,245	0,211
200	12,1	14	5,348	0,187	0,161	5,378	0,186	0,160
250	13,1	14	6,650	0,150	0,129	6,680	0,150	0,129

□ Esquema de Instalación

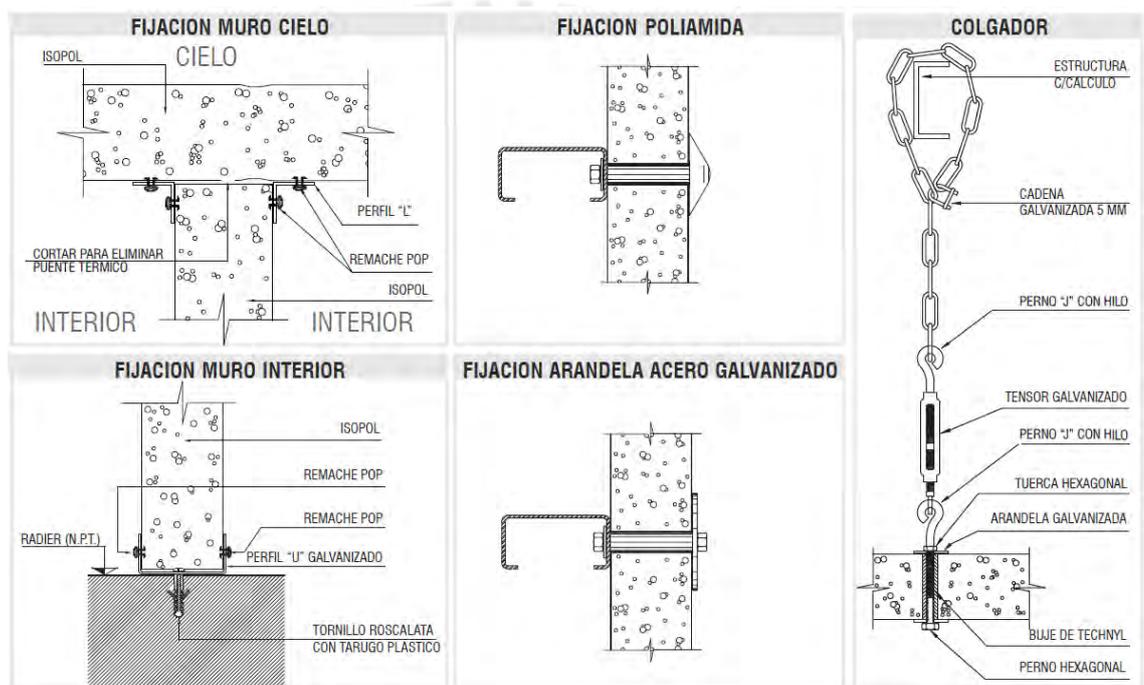


Figura 1.37: Esquema de Instalación de panelería POL (TUPEMESA, 2015).

1.3.7. Puertas Frigoríficas

Las puertas frigoríficas, así como los paneles aislantes, deben ser seleccionados para aislar el ingreso y salida del calor en la cámara de refrigeración. A continuación, se mencionarán las puertas más usadas en las plantas agroindustriales:

- puerta corredera;
- puerta pivotante;
- puertas batientes o vaivén;
- puertas rápidas enrollables.



Figura 1.38: a. puerta corredera b. puertas pivotantes c. puertas vaivén d. puerta rápida enrollable (Infracra Latam 2017)

1.3.8. Dispositivos de Control y de Seguridad

Los controles automáticos se usan para optimizar el funcionamiento de un sistema de refrigeración en cualquier condición de funcionamiento y mantener en buen estado los alimentos durante periodos largos de tiempo.

Los dispositivos de control y seguridad como las válvulas de expansión termostática, las válvulas solenoides, los controles de presión y temperatura, etc. Se emplean con los siguientes objetivos:

- Optimizar el funcionamiento del evaporador.
- Controlar la temperatura de la cámara.
- Controlar los ventiladores y la bomba del condensador.
- Descongelar tuberías del evaporador.

A continuación, se mencionará los principales dispositivos de control en una cámara de refrigeración:

- Válvula Solenoide: Dispositivo accionado por pulsos eléctricos. Tiene como función principal controlar el paso del refrigerante mediante la apertura y cierre de la misma. Existen dos configuraciones de válvulas solenoides: La normalmente abierta y la normalmente cerrada. En la primera, la válvula debe recibir la señal para que pueda cerrar el paso del refrigerante; por otro lado, en la segunda, la válvula debe recibir la señal para permitir el paso del refrigerante a través del circuito. La conexión de estas válvulas pueden ser soldadas o roscadas.



Figura 1.39: Válvulas Solenoides (Danfoss 2018)

- Válvula Reguladora de Presión: Un regulador de presión es una válvula que controla una característica de un sistema. Existen cuatro tipos de reguladores de presión:
 - Para el control de presión del evaporador.
 - Para el control de presión del carter del compresor.
 - Para el control de derivación de gas caliente.
 - Para el control de presión de descarga del condensador.

La válvula reguladora de presión más usada es para el control de presión del evaporador. Esta válvula controla la presión de aspiración constante, en el arranque y durante el funcionamiento del sistema.



Figura 1.40: Válvula Reguladora de Presión (Danfoss 2018)

- ❑ Válvula de Retención: También conocidas con los nombres de válvula check y válvula anti retorno. Estas válvulas tienen como función cerrar por completo el paso del refrigerante, ya sea en estado gaseoso, líquido o ambos, en un sentido y dejar paso libre en el sentido contrario.



Figura 1.41: Válvula de Retención (Danfoss 2018)

- ❑ Válvula de Cierre: Son instaladas en diferentes zonas del circuito de refrigeración, con la finalidad de facilitar el mantenimiento de los componentes de dicho circuito. Tienen la función de cerrar el paso del refrigerante (on /off).



Figura 1.42: Válvula de cierre recto y angular (Danfoss 2018)

- ❑ Visor de Líquido: Son instaladas en las líneas donde el refrigerante se encuentra en estado líquido y/o gaseoso. Utilizada como medio de verificación y seguridad que permite visualizar el paso del refrigerante.



Figura 1.43: Visor de Líquido para unión roscada y soldada (Danfoss 2018)

- ❑ Termostato: Dispositivos usados para mantener la temperatura dentro del ambiente refrigerado a través del accionamiento de un circuito eléctrico que depende de la variación de la temperatura del recinto refrigerado.



Figura 1.44: Termostato (Danfoss 2018)

- ❑ Presostato: Dispositivo que mide la presión dentro de un sistema, el cual abre o cierra el paso de electricidad para activar o desactivar algún elemento eléctrico. En refrigeración los presostatos son utilizados para proteger al compresor por fallas en el sistema que puedan causar baja o alta presión. Los tres tipos de presostatos son de alta, de baja y dual. El presostato de baja presión viene calibrado para que a una baja presión, abra sus contactos e impida el arranque del compresor, hasta que la presión se vuelva a establecer. De la misma forma, los presostatos de alta presión están calibrados para que, a una presión alta, abra sus contactos e impida el arranque del compresor, hasta que la presión se reestablezca a la programada inicialmente. Por último, tenemos al presostato dual, el cual combina la de alta y baja en un solo dispositivo.



Figura 1.45: Presostato (Danfoss 2018)

- ❑ Filtro Secador: También llamados filtros desecantes, son dispositivos usados principalmente para remover la humedad excesiva contenida en la mezcla refrigerante – aceite, tanto en estado de vapor como líquido. El desecante es muy poroso, y por tanto, tiene una superficie muy grande expuesta al flujo. En los sistemas de refrigeración bombeados, los filtros secadores se instalan en la línea de líquido condensado.



Figura 1.46: Filtro Secador (Danfoss 2018)

- ❑ Separador de Aceite: En el proceso de compresión, partículas de aceite de lubricación se mezclan con el refrigerante, esto genera una pérdida de eficiencia del compresor; debido a que, el refrigerante presenta variaciones en su composición generando la modificación de sus propiedades. Estas variaciones ocasionan una disminución en la capacidad de refrigeración del sistema; por tal motivo, se utiliza el separador de aceite en la línea de descarga del compresor. Este dispositivo cumple la función de retornar el aceite al compresor evitando el

paso del mismo a los demás componentes del circuito de refrigeración (condensadores, tanques, evaporadores, etc.).



Figura 1.47: Separador de Aceite (Danfoss 2018)



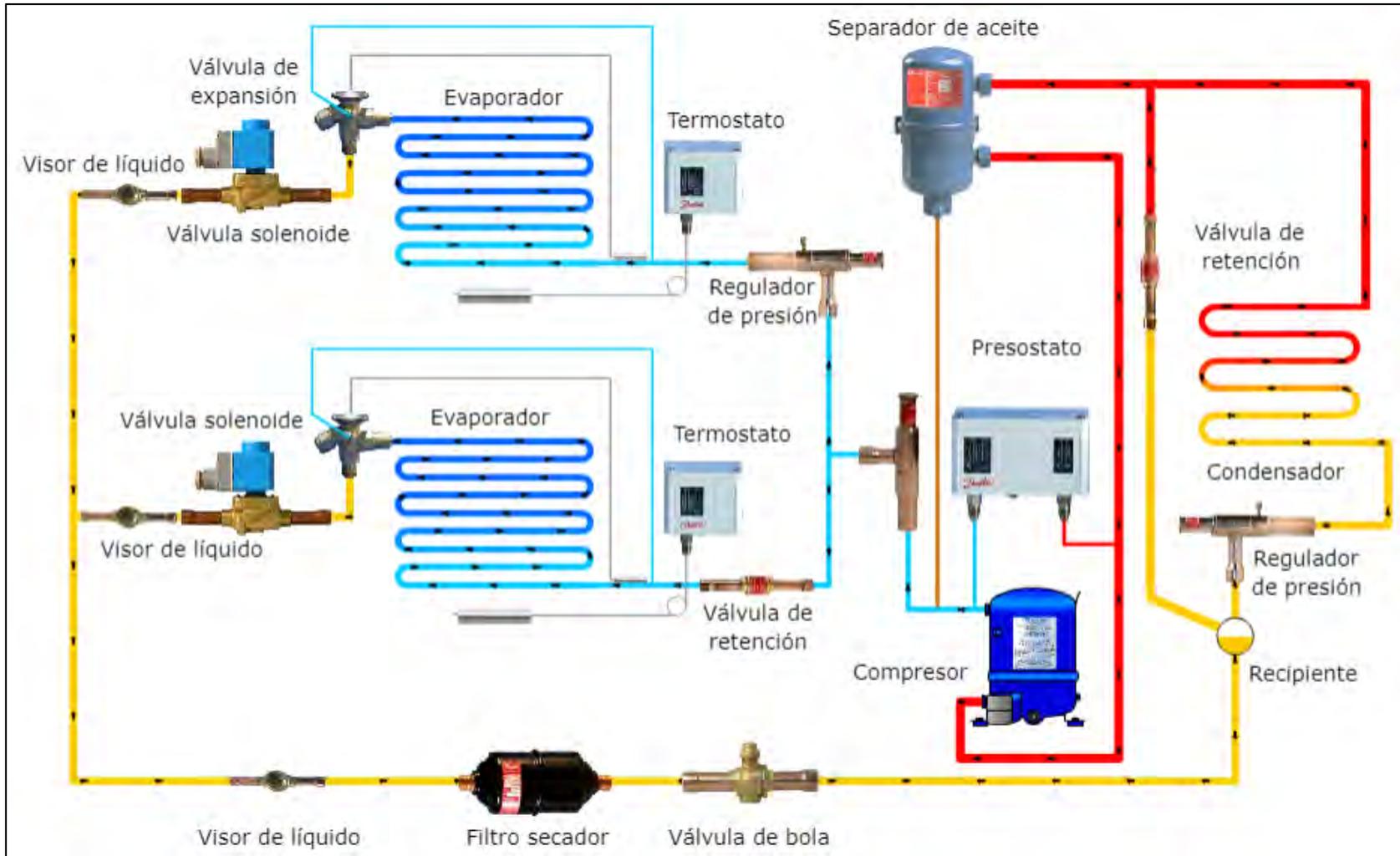


Figura 1.48: Esquema de un sistema de refrigeración por compresión (Danfoss, 2018).

1.4. Descripción del Sistema de Refrigeración Propuesto

En el presente acápite se describirá el sistema de refrigeración que se utilizará en la cámara de refrigeración de palta Hass. La selección del sistema de refrigeración se basó en el tipo de refrigerante; en este caso, R-717 (amoniaco) y en la capacidad de refrigeración del ambiente a climatizar. El sistema propuesto es de amónico recirculado (ver figura 1.48).

El sistema de amoniaco recirculado tiene como principales componentes a:

- Compresor.
- Separador de aceite.
- Condensador.
- Tanque recibidor.
- Tanque de recirculación.
- Válvula de expansión termostática.
- Evaporadores.
- Bombas de amoniaco.
- Válvulas y accesorios de control y seguridad.

El ciclo de refrigeración comprende lo siguiente: El compresor aspira el refrigerante en estado gaseoso (vapor saturado) proveniente del tanque de recirculación (o separador). Luego, este refrigerante en estado vapor saturado pasa a través del compresor el cual comprime el refrigerante obteniéndose vapor sobrecalentado (alta presión y alta temperatura). Posteriormente, este vapor sobrecalentado pasa a través del condensador; el cual, tiene la función de disminuir la temperatura del refrigerante que sale del compresor, a presión constante (alta presión y baja temperatura). Este refrigerante en estado líquido saturado es almacenado en un tanque llamado recibidor. Seguidamente, el refrigerante en estado líquido saturado pasa a través de la válvula de expansión termostática generándose refrigerante en estado líquido comprimido (baja temperatura y baja presión). Este último reingresa al tanque separador. A continuación, el refrigerante en estado líquido comprimido almacenado en el tanque separador es bombeado a los evaporadores, los cuales, mediante la transferencia de calor con el ambiente a climatizar, convierte al refrigerante en vapor saturado. Este refrigerante en estado líquido saturado ingresa en el tanque separador, repitiéndose el ciclo.

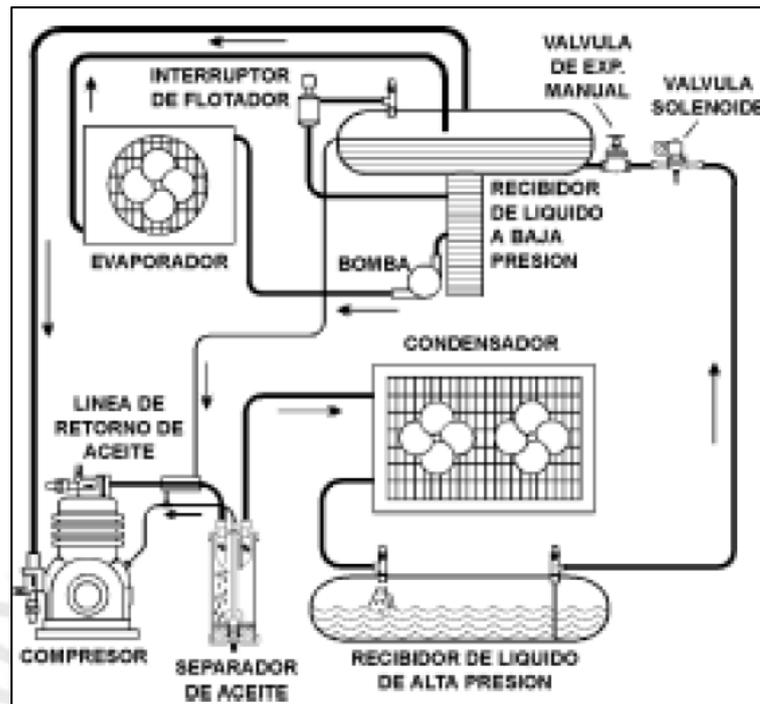


Figura 1.49: Sistema de recirculación de amoníaco (Emerson, 2013).

1.5. Descripción de la Cámara de Refrigeración para Paltas

Conocido el sistema de refrigeración con amoníaco recirculado se procederá a describir la cámara de refrigeración de paltas.

Luego del proceso de pre-enfriado, el producto es almacenado en una cámara de refrigeración, la cual, para este caso, tendrá una capacidad de 1680 toneladas. Esta cámara debe mantener la cadena de frío por la que la palta ha pasado; por lo tanto, la temperatura del aire promedio de la cámara será de +5°C.

El almacenamiento de la palta, como ya se mencionó en el proceso de empaquetado, es en cajas; las cuales son apiladas en parihuelas. Estas parihuelas luego de ser pre-enfriadas son almacenadas dentro de la cámara de refrigeración en estantes acumulativos. Este sistema de almacenaje fue seleccionado para poder optimizar el espacio en la planta de elaboración de paltas.

La cámara de refrigeración propuesta contará con los siguientes elementos:

- ✓ Compresor de tornillo.
- ✓ Condensador evaporativo.
- ✓ Tanques Presurizados.
 - Tanque Recibidor.

- Tanque separador (o de recirculación).
- Tanque termosifón.
- ✓ Válvulas termostáticas.
- ✓ Bombas de amoniaco.
- ✓ Evaporadores simple efecto.
- ✓ Paneles aislantes.
- ✓ Puertas Frigoríficas.
- ✓ Luminarias tipo campana de 400W.
- ✓ Tuberías.

El detalle de las condiciones de la cámara de refrigeración propuesta es la siguiente:

- Dimensiones nominales : 53.5m x 23.2m x 9.6m (W x L x H).
- Volumen : 11 915.52 m³.
- Forma de almacenamiento : Cámara con racks acumulativos
Dos bloques de racks de 8 filas, 35 columnas de 3 niveles c/u.
- Aislamiento
 - Paredes : Panel Poliestireno de 100 mm de espesor
 - Techo : Panel Poliestireno de 100 mm de espesor
 - Piso : Concreto de 150 mm.
- Capacidad de almacenamiento : 1680TM (1680 posiciones de 1 ton cada una).
- Número de puertas : 02 und.
- Iluminación : Luminarias de 400w.

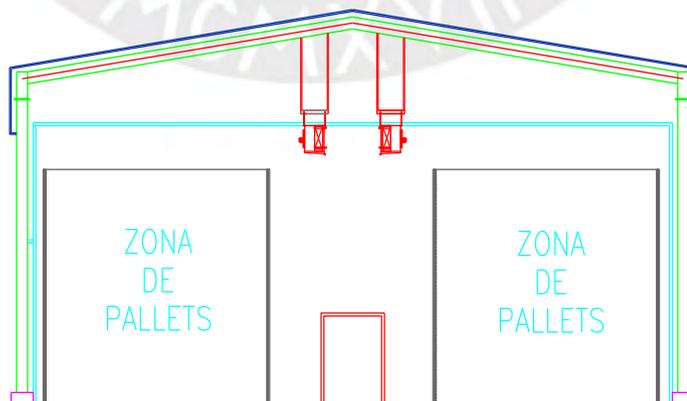


Figura 1.50: Elevación Frontal de la Cámara de Refrigeración para Paltas Hass.

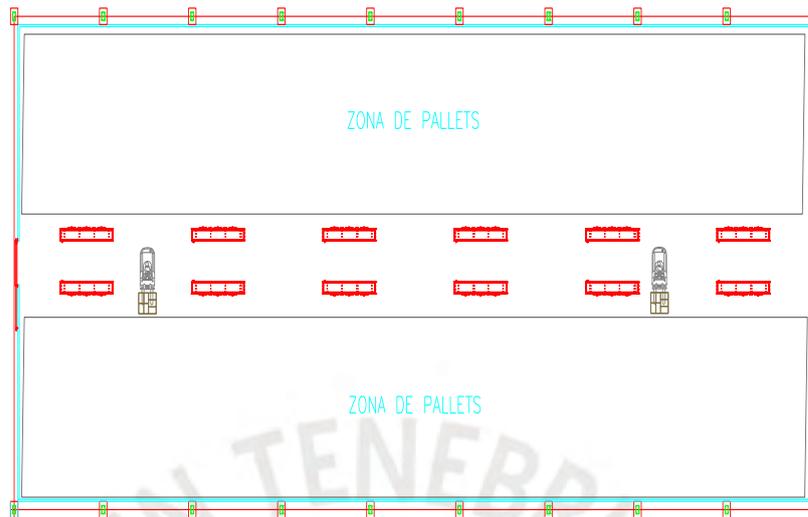
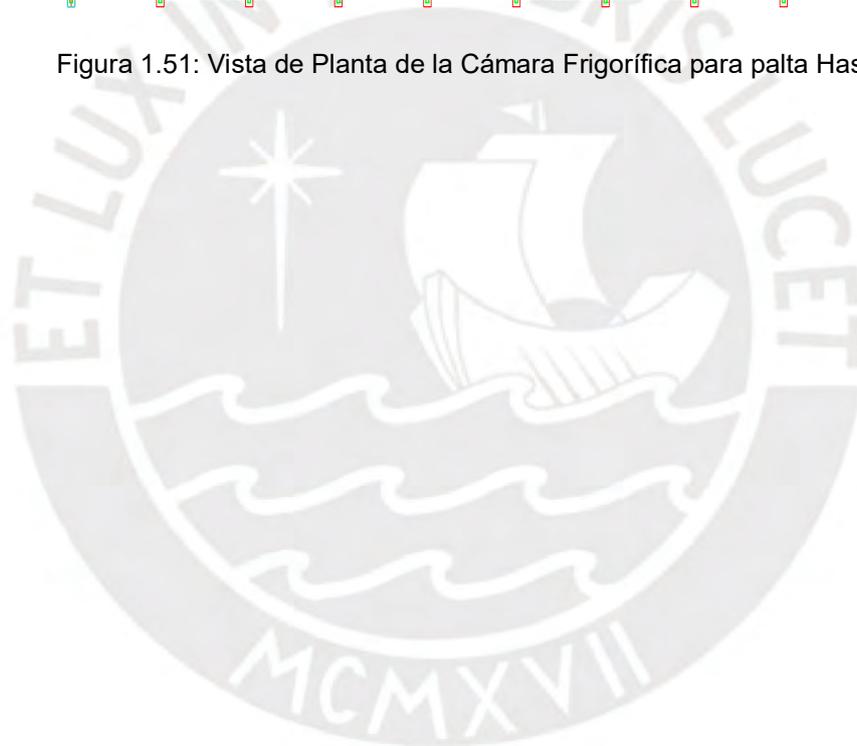


Figura 1.51: Vista de Planta de la Cámara Frigorífica para palta Hass.



Bibliografía del Capítulo 1

- Agro Negocios Perú
2018 Colombia podrá exportar palta Hass hacia Japón en los próximos meses. Agro Negocios Perú. Colombia. Consulta: 19 de marzo del 2018.
- Apema
s/f Condensadores. Casco y Tubos. Brasil. Consulta: 10 de septiembre del 2018.
<http://www.apema.com.br/produtos-detalhes/casco-e-tubos/?lang=es>
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers ASHRAE
2010 Refrigeración. Refrigerantes. Consulta: 6 de octubre del 2015.
- Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México
2016 Tabla de Calibres. APEAM. México, 06 de enero del 2016. Consulta: 02 de septiembre del 2018.
<https://www.facebook.com/apeamac/photos/a.428638760618778/566945813454738/?type=3&theater>
- Asociación Peruana de Agentes Marítimos
2017 “Maersk desarrolla un nuevo sistema de ahorro energético para los contenedores Reefer”. Lima 17 de marzo del 2017. Consulta: 17 de marzo del 2018.
<https://www.apam-peru.com/web/maersk-desarrolla-un-nuevo-sistema-de-ahorro-energetico-para-los-contenedores-reefer/>
- Bitzer
2015 Compresores de Pistón. Bitzer Brazil. Consulta: 10 de septiembre del 2018.
<https://www.bitzer.de/pe/es/compresores-de-piston/>
- Boge
2009 Compresores de Tornillo. Consulta: 20 de octubre del 2019.
file:///C:/Users/saldi/OneDrive/Escritorio/catalogos_screw_espaol.pdf
- Cero Grado Celsius
2018 Tubo Capilar. Consulta: 21 de septiembre del 2018.
<https://www.0grados.com/tubo-capilar/>
- Danfoss
2018 Productos Danfoss. Consulta: 24 de septiembre del 2018.
<http://products.danfoss.es/productrange/visuals/industrialautomation/solenoid-valves/#/>

Diario Correo

2018 “La Libertad ocupa el primer lugar en exportación de palta en el Perú”. Diario Correo. Lima, 13 de marzo. Consulta: 20 de agosto del 2018.

<https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/la-libertad-ocupa-el-primer-lugar-en-exportacion-de-palta-en-el-peru-807851/>

Emerson

2013 Manual Técnico de Refrigeración y Aire Acondicionado. Consulta: 18 de septiembre del 2018.

Energrou S.A.

2016 Implementación de Planta de Congelados Arcopa. Energrou S.A. Lima, 15 de julio del 2016.

Evapco

2018 Condensador Evaporativo ATC-E. Brasil, 2018. Consulta: 17 de septiembre del 2018.

<https://www.evapco.com/es/products/condensers/atc-e-evaporative-condenser>

Guntner

2018 Condensador vertical GVV. México, 2018. Consulta: 10 de septiembre del 2018.

https://www.guentner.com.mx/productos/condensadores/_show/product/GVV/286/

Infrac Latam

2017 Catálogo de Productos. Consulta: 27 de septiembre del 2018.

http://www.infrac.com/images/cat_prod.pdf

JRM

2017 Racks Acumulativos. JRM. Consulta: 10 de septiembre del 2018.

<http://jrmsac.com.pe/sistema/rack-acumulativo/>

Koo, Wilfredo

2017 “Paltas – Aguacate Perú Exportación 2017 diciembre”. Agrodata Perú. Lima 05 de febrero del 2018. Consulta: 15 de agosto del 2018.

<https://www.agrodataperu.com/2018/02/paltas-aguacate-peru-exportacion-2017-diciembre.html>

Maf Roda

2016 “Línea de Proceso de Palta de Exportación Maf Roda”. Maf Roda. Lima. Emisión: 12 de abril del 2016. Consulta: 01 de septiembre del 2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=SEU2ELuPq4w&t=1s>

Mundo HVACR

s/f Compresores Centrífugos Magnéticos. Consulta: 10 de septiembre del 2018.

<https://www.mundohvacr.com.mx/2012/05/nueva-generacion-de-compresores-centrifugos-magneticos/>

Perú ProHass

2019 “Prácticas Agrícolas - Producción”. Perú ProHass. Consulta: 23 de agosto del 2018.

<http://www.prohass.com.pe/produccion/produccion>

Redhogar

2018 Copper Capillary Tube. Consulta: 20 de octubre del 2019.

<https://redhogar.com.mx/refaccion/TUBO-CAPILAR-0042-CON-TUERCA-EXTRABLANDO--DEESACUM-MDTC042CT-GENERICOS-MACORE-X-TUBO-FLEXIBLE-COBRE>

Rodríguez, Cesar

2018 Evaporador Guntner GHN. Zelsio. Consulta: 17 de septiembre del 2018.

<http://www.refrigeracionzelsio.es/evaporadores/1667-guntner-ghn.html>

Ramirez, Juan

1994 Refrigeración. España: Ceac. Consulta: 27 de noviembre del 2019.

Romero, Cesar

2015 Manejo Post Cosecha de Palta Hass (Persea Americana) para la Exportación. Tesis para optar por el título profesional en la especialidad de Industrias Alimentarias. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

RVS

2015 Refrigeration Pressure Vessels. Consulta: 18 de septiembre del 2018.

Tubos y Perfiles Metálicos S.A.

2015 Ficha Técnica de Instapanel. Consulta: 15 de septiembre del 2018.

Vivero Los Viñedos

2016a “Cosecha del Palto”. Vivero los Viñedos. Lima. Emisión: 27 de julio del 2016. Consulta: 26 de agosto del 2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=X74dhiiTfwQ&t=84s>

2016b “Packing de Paltas”. Vivero los Viñedos. Lima. Emisión: 03 de septiembre del 2016. Consulta: 01 de septiembre del 2018.

<https://www.youtube.com/watch?v=SPZ0HdFKTaw&t=60s>

CAPÍTULO 2: DETERMINACIÓN DE CARGAS TÉRMICAS

En el presente capítulo se evalúa los procedimientos de cálculo para determinar la carga de enfriamiento que se denomina “carga térmica”, a considerar para la cámara de refrigeración de paltas Hass. Para esto, se debe conocer las consideraciones que se tuvieron al momento de realizar el diseño de la cámara. Por otro lado, el cálculo de cargas térmicas nos permitirá realizar la selección de los principales componentes del sistema de refrigeración.

Para el cálculo de cargas térmicas se debe considerar los siguientes factores:

- Carga por transmisión: Flujo de calor a través de las paredes de la cámara o espacio refrigerado.
- Carga por producto: Flujo de calor producido por el enfriamiento de los productos.
- Carga interna: Flujo de calor producido por el uso de equipos dentro del ambiente refrigerado.
- Carga por infiltración: Flujo de calor asociado al ingreso de aire al espacio refrigerado.
- Otras cargas.

2.1. Carga por Transmisión

El calor sensible se filtra a través de las paredes, techo y piso. Si consideramos un estado estable, el cálculo se calcula con la siguiente expresión:

$$\dot{Q}_T = UA\Delta T \quad (\text{Ec. 2.1})$$

donde:

- \dot{Q}_T = Flujo de calor que atraviesa la construcción, kW;
- U = Coeficiente global de transmisión, kW/ m². °C;
- A = Área externa de la construcción, m²;
- ΔT = Diferencia de temperaturas entre la temperatura ambiente y la del aire dentro del recinto, °C.

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor se usa la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

donde:

- U = Coeficiente global de transmisión de calor, W/ (m². K);
- x = Espesor de la pared, techo o piso, m;
- k = Conductividad térmica del material de las paredes, W/ (m.K);
- h_i = Coeficiente convectivo del aire en la superficie interior, W/ (m². K);
- h_o = Coeficiente convectivo del aire en la superficie exterior, W/ (m². K).

Considerando para paredes y techo paneles de poliestireno de 100 mm de espesor y concreto con espesor de 150 mm, obtenemos el siguiente resultado para la carga de transmisión.

		Dimensiones			T° del Ambiente Contiguo (°C)	Transmitancia Térmica (W/m2.K)	Área (m2)	Diferencia de Temp.	Carga (W)
		Largo	Ancho	Alto					
Techo		53.5	23.2	0	35	0.364	1241.2	30	13553.904
Piso		53.5	23.2	0	15	2.3	1241.2	10	28547.6
Paredes	Este	53.5	0	7	35	0.364	374.5	30	4089.54
	Oeste	53.5	0	7	35	0.364	374.5	30	4089.54
	Sur	23.2	0	7	35	0.364	162.4	30	1773.408
	Norte	23.2	0	7	35	0.364	162.4	30	1773.408
En W									53827.4
Carga por Transmisión de Calor Paredes, Piso y Techo (q_i)									53.8274 kW

2.2. Carga por Producto

Las principales cargas de refrigeración debido a productos que son mantenidos en espacios refrigerados son:

- Calor que se debe extraer a los productos para reducir su temperatura inicial (previo al ingreso de la cámara) hasta la temperatura de almacenamiento refrigerado.
- Calor que es generado por los productos durante su almacenamiento.

Calor a remover (Q₁) para enfriar productos desde la temperatura inicial (T₁) hasta una temperatura mayor o igual a la temperatura de congelamiento (T_f), pero sin producir el congelamiento de los productos.

$$Q_1 = mC_1(T_1 - T_f) \quad (\text{Ec. 2.3})$$

donde:

- C₁ = Calor específico encima del punto de congelación, kJ/ kg°C;
- T₁ = Temperatura inicial del producto, °C;
- T_f = Temperatura mayor o igual a la temperatura de congelamiento, °C;

m = Masa del producto, kg.

Calor a remover (Q_2) para congelar productos.

$$Q_2 = mh_{sf} \quad (\text{Eq. 2.4})$$

donde:

h_{sf} = Entalpía de fusión, kJ/kg.

El calor a remover (Q_3) para enfriar los productos desde el punto de congelación (T_f) hasta la temperatura (T_3) de almacenamiento de producto congelados.

$$Q_3 = mC_2(T_f - T_3) \quad (\text{Ec. 2.5})$$

donde:

T_f = Punto de congelación;

C_2 = Calor específico debajo del punto de congelación, kJ/ (kg. °C);

T_3 = Temperatura final del producto congelado, °C.

La carga de refrigeración debido a los productos que se almacenan, se determina a partir del tiempo requerido para obtener el enfriamiento y congelación de los productos, asumiendo que los productos están expuestos correctamente para remover el calor en ese tiempo:

$$Q_P = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3600n} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

donde:

Q_p = Carga promedio por productos, kW;

n = Tiempo en horas, asignado al enfriamiento de los productos desde la temperatura inicial hasta la temperatura de la cámara de refrigeración.

En este caso en particular, se implementará una cámara climatizada a una temperatura positiva (+5°C); es decir, el producto (palta Hass), no generará las cargas Q_2 y Q_3 .

Considerando que el producto a refrigerar se encuentra a una temperatura positiva, se usa la ecuación 2.3, teniendo como resultado lo siguiente:

Tf	5	C°
Ti	6.1	C°
m	180	ton/día
Cpalta	3.67	kJ/(kg.°C)

$$q_p = mC_{palta}x(t_f - t_i)$$

q_p	8.41	kW
-------	------	----

2.3. Cargas Internas

Como elementos de cargas internas se tienen:

- Energía eléctrica disipada como calor dentro del espacio refrigerado proveniente de la iluminación, motores eléctricos empleados, calefactores en evaporadores y puertas.
- Equipo de elevación y almacenaje diverso (montacargas) empleado para el acarreo de los productos.
- Equipo de proceso que pueda encontrarse dentro del espacio refrigerado.
- Personal que labora dentro del espacio refrigerado.
- Calor latente generado en el espacio refrigerado.

□ Personas

Las personas que se encuentran dentro del espacio refrigerado, también contribuyen a la carga de refrigeración, pero de forma variable en función de varios factores como el nivel de temperatura del espacio refrigerado, tipo de actividad que realizan, tipo de ropa que emplean y tamaño de la persona.

La contribución de carga térmica (\dot{Q}_H) de una persona, con una actividad media y en función de la temperatura del espacio refrigerado (T) puede ser estimada mediante la siguiente expresión (ASHRAE 2010,370):

$$\dot{Q}_H = 272 - 6 * T \quad (\text{Ec. 2.7})$$

La tabla 2.1 muestra la carga térmica promedio de una persona en un espacio refrigerado como resultado de aplicar la ecuación 2.7. Sin embargo, apenas las personas ingresan al espacio refrigerado representan un ingreso adicional de calor a la carga de refrigeración, y como resultado de esto, si las personas entran y salen en cortos periodos de tiempo, la carga a considerar es mayor que la mostrada en la tabla 2.1 y debe ser corregida, multiplicando el valor calculado en la ecuación 2.7 (o de la tabla 2.1) por 1.25 (ASHRAE 2010, 370).

Tabla 2.1. Carga térmica equivalente de ocupación por persona (ASHRAE 2010: 370)

Temperatura del espacio refrigerado, °C	Carga térmica equivalente/persona, W
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390

□ Equipos Eléctricos

La energía eléctrica total disipada como calor en el espacio refrigerado, proviene principalmente de la carga que representa la iluminación, el uso de motores de ventiladores, calefactores de evaporadores y motores de equipos de procesos. La carga térmica equivalente debido al funcionamiento de motores eléctricos se muestra en la tabla 2.2.

□ Equipos de Elevación y Almacenaje

El equipo empleado para el acarreo de los productos dentro de la cámara, en algunos casos puede representar una carga grande y variable, cuando se encuentran simultáneamente varios montacargas dentro de la cámara. Pero se debe considerar que no todos operan con el mismo nivel de energía. Por ejemplo, la energía que usan para levantar o bajar la carga es distinta a la que usan para desplazarse.

□ Equipos de Procesos

Equipos de manipuleo de productos, molienda, mezclado o de cocina pueden estar dentro del espacio refrigerado en plantas procesadoras de alimentos. También se pueden encontrar equipo empleado para envasado y etiquetado. Otra fuente posible de carga es el aire de renovación para los equipos y que se libera hacia el espacio refrigerado.

❑ Calor Latente

El calor latente de las cargas internas es normalmente muy pequeño en comparación con la carga total y es considerado comúnmente dentro del calor sensible en la carga total. Sin embargo, el calor latente debe ser calculado en aquellos casos en que se emplea agua durante un cierto proceso y durante un proceso de limpieza.

Así obtenemos lo siguiente:

	Carga Térmica (kW)
Luces	13.40
Personas	0.97
Montacargas	11.10
Ventiladores	27.94
CARGA INTERNA	53.41 kW



Tabla 2.2. Carga Térmica de Motores Eléctricos Típicos (ASHRAE 2010: 370)

Potencia del motor		Tipo de motor	Velocidad Nominal	Eficiencia Plena Carga	Localización del motor y equipo impulsado respecto del espacio refrigerado		
					Motor y equipo adentro	Motor afuera y equipo adentro	Motor adentro y equipo afuera
HP	KW		RPM	%	W	W	W
0.05	0.04	Polo sombreado	1500	35	105	35	70
0.08	0.06	Polo sombreado	1500	35	170	59	110
0.125	0.09	Polo sombreado	1500	35	264	94	173
0.16	0.12	Polo sombreado	1500	35	340	117	223
0.25	0.19	Fase partida	1750	54	346	188	158
0.33	0.25	Fase partida	1750	56	439	246	194
0.5	0.37	Fase partida	1750	60	621	372	249
0.75	0.56	Trifásico	1750	72	776	557	217
1	0.75	Trifásico	1750	75	993	747	249
1.5	1.1	Trifásico	1750	77	1453	1119	334
2	1.5	Trifásico	1750	79	1887	1491	396
3	2.2	Trifásico	1750	81	2763	2238	525
5	3.7	Trifásico	1750	82	4541	3721	817
7.5	5.6	Trifásico	1750	84	6651	5596	1066
10	7.5	Trifásico	1750	85	8760	7178	1315
15	11.2	Trifásico	1750	86	13 009	11 192	1820
20	14.9	Trifásico	1750	87	17 140	14 913	2230
25	18.6	Trifásico	1750	88	21 184	18 635	2545
30	22.4	Trifásico	1750	89	25 110	22 370	2765
40	30	Trifásico	1750	89	33 401	29 885	3690
50	37	Trifásico	1750	89	41 900	37 210	4600
60	45	Trifásico	1750	89	50 395	44 829	5538
75	56	Trifásico	1750	90	62 115	55 962	6210
100	75	Trifásico	1750	90	82 918	74 719	8290
125	93	Trifásico	1750	90	103 430	93 172	10 342
150	110	Trifásico	1750	91	123 060	111 925	11 075
200	150	Trifásico	1750	91	163 785	149 135	14 738
250	190	Trifásico	1750	91	204 805	186 346	18 430

2.4. Cargas por Infiltración

Según ASHRAE, la ganancia de calor debido al aire que se infiltra y a las cargas de los equipos involucrados puede sumar más de la mitad de la carga total de refrigeración de las cámaras frigoríficas y diversas aplicaciones de refrigeración; por lo cual, debe evaluarse cuidadosamente (2010: 370).

2.4.1. Infiltración por Intercambio de Aire

La infiltración más común ocurre debido a la diferencia de densidad del aire entre el espacio refrigerado y el ambiente externo al espacio refrigerado. El caso típico es aquel en que un flujo de aire del exterior fluye hacia el interior del espacio refrigerado y que es igual al flujo de aire refrigerado que sale menos la masa de humedad que se condensa en las superficies del espacio refrigerado. Por ello el espacio refrigerado debe estar bien sellado excepto en las secciones de apertura requeridas. Si la cámara no está sellada, el aire puede fluir directamente a través de las puertas, o secciones abiertas, y contribuir con una carga directa.

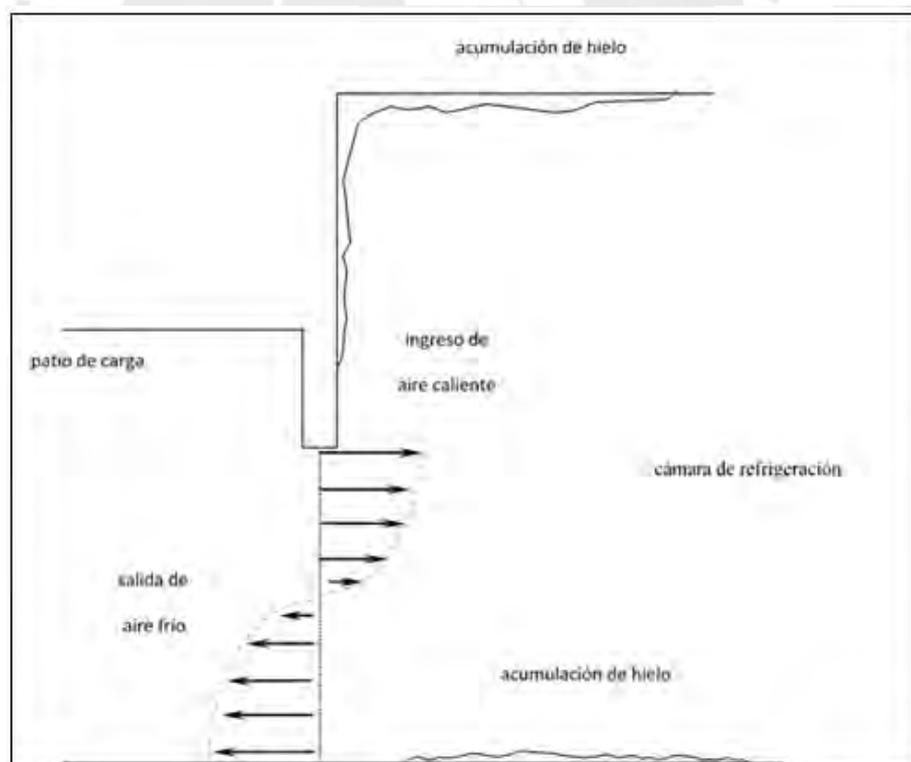


Figura 2.1: Flujo de infiltración a través de puertas abiertas en una cámara de refrigeración
(ASHRAE 2010: 370)

La carga térmica que representa la infiltración de aire a través de puertas, secciones abiertas, o simplemente entradas a las cámaras de refrigeración, se puede estimar mediante la siguiente expresión (ASHRAE 2010, 370):

$$Q_I = Q D_T D_F (1 - E) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

donde:

- Q_I = Carga térmica media para un periodo de 24 horas (kW);
- Q = Carga térmica (sensible y latente) para un flujo de aire plenamente establecido (kW);
- D_T = Factor tiempo de apertura de la entrada;
- D_F = Factor flujo a través de la entrada;
- E = Efectividad del dispositivo protector de infiltración.

Investigaciones realizadas por Gosney y Olama (1975), concluyeron en la propuesta de la siguiente relación para la carga térmica (sensible y latente) proveniente de un flujo plenamente establecido a través de las entradas hacia un espacio refrigerado:

$$Q = 0.221 A (h_I - h_R) \rho_R \left(1 - \frac{\rho_I}{\rho_R}\right)^{0.5} (gH)^{0.5} F_M \quad (\text{Ec. 2.9})$$

donde:

- Q = Carga de refrigeración sensible y latente, (W);
- A = Sección de flujo que presenta la entrada, (m²);
- h_I = Entalpía del aire que se infiltra al espacio refrigerado, (kJ/kg);
- h_R = Entalpía del aire en el espacio refrigerado, (kJ/kg);
- ρ_I = Densidad del aire que se infiltra, (kg/m³);
- ρ_R = Densidad del aire en el espacio refrigerado, (kg/m³);
- g = Aceleración normal de la gravedad (9.8 m/s²);
- H = Altura de la entrada, (m);
- F_M = Factor de densidad.

El factor de densidad (F_M) fue propuesto como:

$$F_M = \left(\frac{2}{1 + (\rho_R / \rho_I)^{1/3}} \right)^{1.5} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Se estableció también una simplificación de la ecuación 2.9, usando una gráfica que representa flujo de calor sensible que ingresa a un espacio refrigerado, como la mostrada en la figura 2.1 y la relación de calor sensible al calor total de infiltración (SHF), que se puede obtener de la carta psicrométrica o de las tablas 2.3 y 2.4. La expresión simplificada propuesta es:

$$Q = 0.577 W (H^{1.5}) \left(\frac{Q_s}{A} \right) \left(\frac{1}{SHF} \right) \quad (\text{Ec. 2.11})$$

donde:

Q = Carga de refrigeración latente y sensible, kW;

Q_s/A = Flujo de calor sensible de infiltración de aire a través de la entrada (kW/m²);

W = Ancho de la entrada (m);

H = Altura de la entrada (m);

SHF = Relación de calor sensible al calor total, de la ganancia de calor de aire infiltrado, indicado en las tablas 2.3 y 2.4, o proporcionado por una carta psicrométrica.

Los valores de SHF en las tablas 2.3 y 2.4 están basados sobre un valor de 90% para la humedad relativa dentro del espacio refrigerado. Pueden ocurrir pequeñas desviaciones cuando los valores de las tablas 2.3 y 2.4 son usados para cámaras de refrigeración que tienen tanto 80% como 100% de humedad relativa. Esta desviación y falta de exactitud debido a simplificaciones de cálculo, dan como resultado que los valores obtenidos con la ecuación 2.11 tengan una desviación de aproximadamente 4% con respecto a los valores experimentales (ASHRAE 2010, 371).

Para un empleo constante, cíclico o irregular de las puertas de cámaras frigoríficas, el factor tiempo de apertura de la entrada de aire (D_T) o de puerta abierta puede ser calculado mediante (ASHRAE 2010, 371).:

$$D_T = \frac{(P \theta_p + 60 \theta_o)}{3600 \theta_D} \quad (\text{Eq. 2.12})$$

donde:

- P = Número de pasajes, puertas o entradas de aire;
- θ_P = Tiempo para apertura y cierre de una entrada o puerta, segundos por entrada;
- θ_o = Tiempo de permanencia abierta de una entrada o puerta, minutos;
- θ_D = Periodo de tiempo diario considerado, horas.

Según ASHRAE, el tiempo típico θ_P para puertas de cámaras que se abren convencionalmente está en el rango de 15 a 25 segundos por entrada. El tiempo para puertas que se abren y cierran a alta velocidad está en el rango de 5 a 10 segundos, aunque también puede llegar ser tan bajo como 3 segundos. El tiempo que permanece abierta una entrada (θ_o) y el tiempo diario considerado para la evaluación (θ_D) debe ser proporcionado por el diseñador del sistema de refrigeración. Hendrix (1989) descubrió que los flujos de infiltración se comienzan a estabilizar 3 segundos después de haber abierto la puerta de una cámara de refrigeración. Este factor puede ser usado como una base para reducir (θ_P) en la ecuación 2.12, particularmente para puertas que se cierran a alta velocidad, lo cual puede reducir significativamente la infiltración (2010:371).

El factor de flujo de aire a través de una entrada o puerta abierta (D_F), citada en la ecuación 2.8, es la relación del intercambio real de aire respecto de un flujo plenamente establecido. Un flujo totalmente establecido ocurre solo en el caso inusual de una desacostumbrada posición de puerta abierta hacia un ambiente muy grande o al aire libre, y donde el flujo frío de salida no es impedido de circular por obstrucciones (por ejemplo, pilas de productos en la trayectoria o adyacente a la trayectoria del flujo de aire hacia adentro o hacia fuera del espacio o cámara refrigerada). En estas circunstancias, el factor de flujo (D_F) se toma como 1.0 (ASHRAE 2010:371).

Hendrix (1989) indica que un valor de $D_F = 0.8$ es conservador para una diferencia de temperatura entre ambiente externo e interior de la cámara de refrigeración de 16°C, cuando la circulación de aire es igual a una entrada y salida por minuto a través de puertas de apertura y cierre rápido. Pruebas realizadas por Downing y Meffert (1993) determinaron un factor de flujo de aire $D_F = 1.1$ para diferencias de temperatura de 7°C y 10°C. Por lo tanto, en base a esas experiencias se puede establecer para el Factor de Flujo de aire (D_F) un valor de 1.1 en operaciones cíclicas de apertura y cierre de puertas

con diferencia de temperatura ambiente-cámara menor que 11 ° C; y un valor de 0.8 con diferencias de temperatura mayores.

Tabla 2.3. Relación de calor sensible al calor total (SHF) para infiltración de aire desde el exterior hacia los espacios refrigerados (ASHRAE 2010:371)

Condiciones ambientales			Espacio refrigerado con humedad relativa de 90%									
Tem. Seca	Tem. Hum.	HR	Temperatura de bulbo seco, °C									
°C	°C	%	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15
30	19.7	30	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	--
	21.8	40	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8
	23.9	50	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	25.8	60	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
35	19	20	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	--
	21.6	30	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9
	24	40	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	26.3	50	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
40	28.3	60	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
	20.7	20	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	1
	23.6	30	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
	26.2	40	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	28.6	50	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4

Tabla 2.4. Relación calor sensible al calor total (SHF) para infiltración de aire desde el exterior hacia los espacios refrigerados (ASHRAE 2010:372).

Condiciones ambientales		Espacio refrigerado con humedad relativa de 90%								
Temp.	H.R.	Temperatura de Bulbo Seco, °C								
°C	%	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
20	100	0.62	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
	80	0.67	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
	60	0.73	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
	40	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8
	20	0.89	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	--
15	100	0.67	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
	80	0.72	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
	60	0.77	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	40	0.84	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
	20	0.91	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	--	--
10	100	0.72	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
	80	0.76	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
	60	0.81	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8
	40	0.87	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	--
	20	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1	--	--
5	100	0.77	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5
	80	0.81	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	60	0.85	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	--
	40	0.89	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	--	--
	20	0.95	0.9	0.9	0.9	1	1	--	--	--
0	100	0.81	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	--
	80	0.84	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	--
	60	0.88	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	1	--
	40	0.92	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1	--	--
	20	0.96	1	1	1	1	--	--	--	--
-5	100	0.85	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	--	--
	80	0.88	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	--	--
	60	0.91	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1	--	--
	40	0.94	0.9	0.9	0.9	0.9	1	--	--	--
	20	0.97	1	1	1	--	--	--	--	--
-10	100	0.88	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	--	--	--
	80	0.91	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	--	--	--
	60	0.93	0.9	0.9	0.9	0.9	1	--	--	--
	40	0.95	1	1	1	1	--	--	--	--
	20	0.98	1	1	--	--	--	--	--	--
-15	100	0.91	0.9	0.9	0.9	0.9	--	--	--	--
	80	0.93	0.9	0.9	0.9	0.9	--	--	--	--
	60	0.95	0.9	0.9	0.9	1	--	--	--	--
	40	0.97	1	1	1	--	--	--	--	--
	20	0.99	1	1	--	--	--	--	--	--

La efectividad (E) de los dispositivos protectores de las entradas de aire, se puede tomar como 0.95 o un valor más alto para dispositivos como cortinas de tiras nuevas, puertas de vaivén, y otras puertas de cierre rápido no hermético. Sin embargo, dependiendo del nivel de circulación y mantenimiento de la puerta o del dispositivo de protección de la entrada (cortinas de tiras) la efectividad (E) puede caer rápidamente a valores de 0.8 para entradas de cámaras de congelación y cerca de 0.85 para otros tipos de cámaras en general. Las ante-cámaras herméticas, con cortinas de tiras o a con puertas de empuje tienen una efectividad que varía desde 0.95 a 0.85 para las cámaras de congelación, y desde 0.95 a 0.90 para cámaras en general. La efectividad que obtiene con cortinas de aire es mucho menor, y se puede tomar un valor medio de 0.7 (ASHRAE 2010:372).

2.4.2. Infiltración de flujo directo a través de las entradas

La infiltración de aire externo hacia el espacio refrigerado (cámara) frecuentemente se produce debido a la aparición de una presión negativa en cualquier parte dentro de la cámara debido a extracciones de aire (extractores de aire) sin la debida reposición de aire. En los espacios refrigerados que tienen entradas constantemente abiertas o con mucha frecuencia, o presentan otro tipo de pasajes para el flujo de aire, este flujo de aire atravesará directamente la entrada. El efecto es idéntico al de las entradas abiertas expuestas a viento y el ingreso de calor puede ser muy grande. La ecuación 2.13 determina la ganancia de calor por infiltración por entrada directa proporciona la base para corregir la presión negativa o aumentar la capacidad de refrigeración (ASHRAE 2010:372).

$$Q_A = VA(h_I - h_R)\rho_R D_T \quad (2.13)$$

Donde:

- Q_A = Carga térmica por flujo directo de aire, (kW)
- V = Velocidad media del aire, m/s
- A = Sección de la entrada abierta, m²
- h_I = Entalpía del aire infiltrado, kJ/kg
- h_R = Entalpía del aire en el espacio refrigerado, kJ/kg
- ρ_R = Densidad del aire en el espacio refrigerado, kg/m³
- D_T = Factor de tiempo (fracción decimal) en que la entrada está abierta

La sección (A) a considerar es el área más pequeña a considerar entre la sección de ingreso y de salida de aire que presenta el espacio refrigerado. Si la sección (A) tiene un escape hacia las puertas del patio de desembarque de productos, y las puertas tienen buen mantenimiento, se puede considerar que la sección abierta (A) puede variar desde 0.03 m² hasta más de 0.1 m² por puerta. Para patios de desembarco de productos, con alto movimiento de mercancías, se debe estimar el tiempo que estas puertas están completa o parcialmente abiertas.

Para evaluar la velocidad media del aire en las entradas (V), se debe conocer la magnitud de la presión negativa o los dispositivos que generan el flujo de aire. Si se puede determinar la presión diferencial a través de la entrada, entonces se puede predecir la velocidad del flujo de aire transformando la presión estática a presión dinámica. Sin embargo, no siempre es posible estimar la presión diferencial a través de las entradas de aire, y la alternativa es asumir un valor usual de velocidad. La velocidad típica del aire a través de una puerta es de 0,3 a 1,5 m/s (ASHRAE 2010: 372).

La efectividad de los dispositivos de cierre no herméticos en las entradas sujetas a infiltración por la circulación directa de aire no se puede determinar fácilmente. Dependiendo de la presión diferencial a través de la entrada, la tendencia a variar, y de la relación de secciones del flujo de aire que ingresa y del flujo de aire que sale, la efectividad de estos dispositivos puede ser muy baja.

Reemplazando los valores en la ecuación 2.11 y usando las tablas 2.3 y la figura 2.2. obtenemos lo siguiente:

Apertura de Puertas	Puerta tipo 1	Puerta tipo 2
Desde	La calle	La calle
Hacia	Cámara	Cámara
Ancho (m)	2.3	2.3
Alto (m)	3.1	3.1

Rs	0.55	Tabla 8
Qs/A	10	Figura 5

q	131.69931	kW
----------	------------------	-----------

Luego en reemplazando los valores en la ecuación 2.12 obtenemos lo siguiente:

#puertas (P)	2	und
Tiempo de Apertura y Cierre (θ_p)	8	segundos
Tiempo de Permanencia Abierta de la puerta (θ_o)	1	min
Periodo de tiempo diario considerado	24	horas

Dt	0.00087963
-----------	-------------------

Df	1
-----------	----------

E	0.85	Cámaras de Refrigeración
----------	-------------	--------------------------

Finalmente reemplazamos los resultados obtenidos en la ecuación 2.8, obteniendo una carga por infiltración de 0.02 kW.

2.5. Otras Cargas

Además de las cargas térmicas antes mencionadas, existen otras que, al no ser significativas, son incluidas dentro del factor de seguridad.

Entre estas cargas tenemos a la carga térmica relacionada con los equipos de refrigeración, estas consisten en:

- ♦ Carga térmica de motores eléctricos de ventiladores, si se usa circulación forzada de aire.
- ♦ Recalentamiento, si el sistema de enfriamiento tiene un control de humedad.
- ♦ Calor de descongelamiento, si el evaporador opera a temperatura debajo del punto de congelación y debe ser descongelado periódicamente, independientemente de la temperatura de cámara.

La carga térmica de los motores de ventiladores, debe ser calculada en base al consumo real de energía eléctrica y al tiempo de operación efectivo. Por ejemplo, un motor estándar en una cámara a -25°C funciona satisfactoriamente con una sobrecarga del 25% sobre la potencia nominal a plena carga. Generalmente, ventiladores en

evaporadores o unidades de enfriamiento operan continuamente excepto durante el ciclo de descongelamiento. Pero, también cada vez es más frecuente encontrar sistemas que usan ciclos de operación por intervalos (encendido y apagado) de los ventiladores para controlar la temperatura en el espacio refrigerado y ahorrar energía.

Los métodos usuales de descongelamiento de evaporadores van desde la parada del sistema de refrigeración (ciclo – off), descongelamiento por medio de lluvia de agua o soluciones acuosas diversas, descongelamiento por medio de resistencias eléctricas, y descongelamiento por medio de gas caliente (inversión de ciclo). La carga térmica generada a partir del descongelamiento eléctrico de un evaporador es mayor que la carga térmica generada en la misma unidad (evaporador) pero usando descongelamiento por gas caliente, y la carga térmica por descongelamiento mediante lluvia de agua para la misma unidad, es aún menor. La humedad que evapora desde dentro del espacio refrigerado durante el ciclo de descongelamiento debe ser también sumada a la carga de refrigeración.

La carga térmica del equipo mismo, usualmente es pequeña a temperaturas de cámara encima de -1°C , situación en la cual el recalentamiento u otras cargas artificiales no se imponen, y la carga térmica debida a la operación del equipo de refrigeración representa cerca de 5% o menos de la carga total. Sin embargo, la carga térmica debido a la operación del equipo se convierte en una parte importante de la carga total en las aplicaciones de congelamiento de productos. Por ejemplo, a -30°C la carga térmica debido al funcionamiento de los ventiladores y al descongelamiento de evaporadores pueden exceder en muchos casos el 15% de la carga total de enfriamiento. Este porcentaje asume además un control adecuado del ciclo de descongelamiento para no recalentar excesivamente el espacio refrigerado.

Conocidas las cargas térmicas que intervienen en la refrigeración de la palta, se muestra a continuación el cálculo analítico obtenido para el presente caso de estudio.

Nota: Para más detalle del cálculo analítico ver el Anexo 5 – Cálculo de Cargas Método Analítico.

CARGAS TÉRMICAS (kW)	
Carga por Transmisión	53.830
Carga por producto	8.410
Carga por Infiltraciones	0.017
Carga Interna	
Luces	13.405
Personas	0.968
Montacargas	11.100
Ventiladores	27.936
Carga Subtotal	115.666
Factor de Seguridad (10%)	11.5666
CARGA TOTAL	127.233

2.6. Cálculo de Carga Térmica con el Software CRS

En el mundo de la refrigeración industrial se utilizan muchos softwares para el cálculo de cargas térmicas. Para este caso de estudio, se procederá a utilizar el programa CRS para el cálculo de cargas térmicas. Este software está basado en información proporcionada por ASHRAE y la normativa ASHRAE; además, ha sido seleccionado por su versatilidad de uso y por su alta proximidad al cálculo convencional de cargas térmicas.

Usando el software CRS se obtiene la siguiente carga térmica.

```

Box      Product  Misc      Output   CRS      Quit
Misc data, EHP, run time, etc.
-----
Date: 10/23/05  Job: CAMARA DE REFRIGERACION  RT hrs: 20
175.52 Depth   76.12 Width  23.29 Height  41 deg Box  95 deg Ambient

                Sq Ft Surface Gain  151091 Btuh
Infiltration Load - 2 Box Door(s)  78446 Btuh  Normal usage
396832 lbs *PALTA  29101 Btuh  24 hr Pulldown

Lights: Watts per Sq Ft 1.0  67337 Btuh
4 Occupants  3240 Btuh

12.00 EHP Loads  14398 Btuh
Total Load  343614 Btuh
Estimated Fan Load  51954 Btuh

Total Load with Fan  395568 Btuh
Total Load Adjusted with 10% Safety Factor  435125 Btuh
INSULATION: Walls .20 k Molded Polystyrene 4.00 in.
Ceiling .20 k Molded Polystyrene 4.00 in.
Floor 1.5 k Concrete 6.00 in.
*PALTA Entering at 43 deg (Pulldown of 2 degs)

```

Figura 2.3: Cálculo de Carga Térmica con CRS (CRS 2010)

Para poder realizar el cálculo de cargas con el software CRS se requieren los siguientes datos de entrada:

Carga por transmisión

- Dimensiones del recinto a refrigerar (en pies).
- Tipos y espesores de aislantes para paredes, piso y techo (en pulgadas).
- Temperatura ambiente promedio del lugar donde se implementará la cámara refrigerada (en grados Fahrenheit).
- Temperatura promedio final de la cámara de refrigeración (en grados Fahrenheit).

Carga por Producto

- Tipo de Producto.
- Ingreso de producto diario a la cámara de refrigeración (en libras/día).
- Temperatura de ingreso del producto (en grados Fahrenheit).
- Temperatura promedio final del producto a almacenar (en grados Fahrenheit).
- Tiempo para llegar a la temperatura final del producto ingresado a la cámara de refrigeración.

Carga Misceláneos (Incluye la carga interna, carga por infiltración y otros)

- Tiempo de funcionamiento del sistema de refrigeración (selección de factor del programa).
- Número de puertas.
- Carga por luminarias (selección de factor del programa).
- Carga por motores (selección de factor del programa).
- Número de personas.

El detalle de las condiciones de la cámara de refrigeración propuesta es la siguiente:

- Dimensiones nominales : 53.5m x 23.2m x 9.6m (W x L x H).
- Volumen : 11 915.52 m³.
- Forma de almacenamiento : Cámara con racks acumulativos
Dos bloques de racks de 8 filas, 35 columnas de 3 niveles c/u.
- Geometría de la nave : Dos aguas.
- Aislamiento
 - Paredes : Panel Poliestireno de 100 mm de espeso con densidad de 20 kg/m³.

- Techo : Panel Poliestireno de 100 mm de espeso con densidad de 20 kg/m³.
- Piso : Concreto de 150 mm.
- Capacidad de almacenamiento : 1680TM (1680 posiciones de 1 ton cada una).
- Ingreso de producto diario : 180 TM
- Número de puertas : 02 und.
- Número promedio de montacargas : 03 und.
- Número de personas : 04 personas.
- Temperatura exterior : +35 °C.
- Iluminación : Luminarias High bay de 400w.

Para temperatura de fruta en la salida del túnel +5°C (Palta)

- Temperatura ingreso de la fruta : +6°C
- Temperatura promedio de aire : +5°C.
- **Carga térmica total : 435 125 BTU/h <> 127.52 kW.**

Una vez realizado el ingreso de los datos mencionados líneas arriba, el software CRS calcula la carga térmica real y adicionalmente aplica un factor de seguridad de 10% debido a las cargas que no se consideraron por su poco impacto al cálculo de cargas térmicas. Finalmente, se obtiene la carga final de la cámara de refrigeración de paltas Hass: 435 125 BTU/h <> **127.52 kW**.

Como se puede observar, los valores obtenidos en el cálculo analítico muestran una variación de 0.2% del valor obtenido usando el software CRS, lo cual demuestra la alta eficiencia de su uso.

En la tabla 2.5 se muestra el balance de cargas de la cámara de refrigeración. En esta tabla se observa los valores obtenido en el cálculo de cargas térmicas, la capacidad del compresor y la capacidad del condensador evaporativo.

Tabla 2.5. Balance de Cargas.

BALANCE DE CARGAS PARA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN DE PALTAS								
Ubicación : Virú								
Fecha : 16.10.2018								
Sistema de refrigeración: Amoniaco								
	Carga Térmica (kcal/h)			Capacidad (kcal/h)			Consumo (kW)	Exceso/ Déficit
		ON/OFF			ON/OFF			
-3°C / +35°C	Cámara de Refrigeración de Paltas Hass (+5°C) / R-717	1.00	108,978	GEA FES Modelo 55 GS (75HP)	1.00	180,944	56	
	TOTAL		108,978	TOTAL		180,944	56	71,966
+35°C	Consumo Eléctrico de Compresor @ -3°C	1.00	48,160	Condensador Evaporativo Evapco SCD-85	1.00	270,900		
	Carga Térmica de Compresor @ -3°C	1.00	180,944					
	TOTAL		229,104	TOTAL		270,900		18%

Bibliografía del Capítulo 2

American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers
2010a Refrigeración. Refrigerantes. Consulta: 6 de octubre del 2015.

2010b Refrigeración. Cálculo de Carga Térmica. Consulta: 15 de marzo del 2016.

The DOSBox Team

2010 CRS – DOS Box [programa informático]. Versión 0.74.



CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

En el presente capítulo se mostrará el proceso de selección de los principales equipos del sistema de refrigeración propuesto (amoníaco bombeado). Para tal fin, se utilizarán, en algunos casos, programas y en otros, manuales y catálogos.

3.1. Selección de Compresor

Para seleccionar la potencia real del motor del compresor (en HP) se usará la siguiente expresión (Ramirez 1994: 254):

$$P_{real.comp.} = \frac{\dot{m} \times (h_2 - h_1) \times 1.1}{632 \eta_v} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

donde:

- \dot{m} = Caudal másico del refrigerante, (kg/h);
- h_1 = Entalpía al ingreso al compresor, (kcal/kg);
- h_2 = Entalpía a la salida del compresor, (kcal/kg);
- η_v = Eficiencia volumétrica.

Considerando una eficiencia volumétrica de 0.85 y reemplazando los valores que se muestran a continuación, se obtiene el siguiente resultado:

h_1	348.22	kcal/kg
h_2	407.73	kcal/kg
\dot{m}	424.3	kg/h

$$P_{real.comp.} = 51.7 \text{ HP}$$

En la industria de la refrigeración agraria se tiende a sobrecargar con producto a las cámaras de refrigeración en temporadas de alta demanda; por tal motivo, se le añade un 30% adicional al cálculo de potencia del compresor antes mostrado.

$$P_{selección} = 67.21 \text{ HP}$$

Finalmente, la potencia del compresor a seleccionar es de 75HP.

A continuación, se muestra las características técnicas del compresor seleccionado en el software RT Select de la empresa GEA.

➤ **Compresor de Tornillo GEA**

- Cantidad : 01 und.
- Refrigerante : Amoniaco (R-717).
- Temp. Evaporación : -3°C.
- Temp. Condensación : +35 °C.
- Capacidad unitaria : 130 kW.
- Arranque : Estado Sólido.
- Enfriamiento de aceite : Termosifón.
- Voltaje : 460V/3F/60Hz.

Una vez ingresados los datos al software RTSelect, el resultado es el siguiente:

- Cantidad : 01 und.
- Modelo : 55 GS
- Refrigerante : Amoniaco (R-717).
- Temp. Evaporación : -3°C.
- Temp. Condensación : +35 °C.
- Capacidad unitaria : 210.4 kW.
- Consumo de Potencia : 50 kW.
- Motor Eléctrico : 75 HP.
- Arranque : Estado Sólido.
- Enfriamiento de aceite : Termosifón.
- Factor de Performance (COP) : 4.38.
- Voltaje : 460V/3F/60Hz.

Tabla 3.1: Ficha Técnica del Compresor de Tornillo GEA (2018)

DATOS OPERATIVOS - Condición 1					
EVAPORADOR			CONDENSADOR		
Temperatura del evaporador	-3.0	°C	Cond / Inter Temperatura	35.0	°C
La presión del evaporador	3.83	bara	Cond / presión Inter	13.5	bara
Sobrecalentamiento (Útil)	0.0	K	En subenfriamiento Cond	0.0	K
Sobrecalentamiento (no útiles)	0.0	K	Condensador HOR	280.4	kW
SUCCIÓN			DESCARGAR		
Pérdida de línea de succión	0.0	bara	Aprobación de la gestión de pérdida de línea	0.0	bara
Paquete pérdida de succión	0.021	bar	Paquete Pérdida de descarga	0.232	bar
Presión de succión saturada	3.8	bara	Presión de descarga	13.7	bara
Tamaño de la válvula de succión se debiene	DN85		Tamaño de la descarga de la válvula de parada	DN50	
Temperatura de Succión	-3.2	°C	Disch. Temp (100% / min)	81.04/84.04	°C
Mass Flow	891.9	kg/h	Mass Flow	891.9	kg/h
Volumen de flujo	224.9	m³/h	Volumen de flujo	80.6	m³/h
Volumen teórico Swept	278.9	m³/h	Temperatura mínima Cond - DN500	12.8	°C
DATOS DE RENDIMIENTO					
COMPRESOR			MOTOR		
Capacidad	210.4	kW	Voltaje	480/3/60	V / Ph / Hz
Poder	50.0	kW	Potencia del motor	56	kW
Performance Factor	4.21	COP	Tamaño constructivo	364-5TSC	
Acelerar	3550	RPM	Eficiencia	94.1	%
Porcentaje de carga completa	100	%	Amperios a plena carga	81.5	A
Vi - Fijo	2.6		Tipo de inicio	Solid State	
Par de arranque	52.6	Nm			
DATOS DE ACEITE DE ENFRIAMIENTO					
Aceite Tipo de refrigeración	Thermosiphon		Oleo de refrigeración	R-717	
Aceite Temperatura de Suministro	54.4	°C	Temperatura de suministro de líquido	35.0	°C
Flujo de aceite Funcional	14.4	l/min	OCHR (100%)	18.0	kW
Inyección en Flujo de aceite	7.2	l/min	OCHR (min)	20.3	kW
Flujo Total Oil	21.66	l/min	Enfriador de Aceite Modelo	805	
Tipo de Aceite	FES # 1 (113.6 l)		Tamaño de la bomba de aceite	Internal / N/A	l/min/kW
ADVERTENCIAS					
Triax cojinetes de empuje necesarios (Nota Engineering).					
DATOS DEL PROYECTO					
Nombre del proyecto:			Referencia:		
Nombre del cliente:		New Contact	Preparado por:		
Propuesta Número:			Fecha:		

3.2. Selección de Evaporadores

Para la selección de los evaporadores que trabajarán en la cámara de refrigeración de paltas Hass se requiere conocer los siguientes datos:

- Capacidad frigorífica unitaria.
- Temperatura de Evaporación y variación de temperatura (salto térmico).
- Humedad relativa de la cámara.

El primer paso es determinar la potencia de catálogo; para lo cual, se usará la siguiente expresión (Ramirez 1994: 302):

$$N_{FC} = \frac{\text{Carga Frigorífica Unitaria}}{f_1 \times f_2} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

donde:

f_1 = Factor de corrección relacionado al salto de temperatura.

f_2 = Factor de corrección relacionado al tipo de refrigerante.

Para poder determinar el factor f_1 se necesita conocer el salto térmico el cual viene a ser la diferencia entre la temperatura de la cámara y la temperatura de evaporación, resultando 8°C.

Conocido el salto térmico se procede a ingresar a la tabla xx e interpolando se determina que el factor de corrección f_1 es de 0.81.

Tabla 3.2. Valores del coeficiente de corrección f_1 (Ramirez 1994:301)

Δt (Salto Térmico) (°C)	Temperatura de Evaporación (°C)									
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
4	0.37	3.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.3	0.29	0.28
5	0.48	0.46	0.45	0.43	0.42	0.41	0.4	0.39	0.38	0.36
6	0.58	0.56	0.55	0.53	0.52	0.51	0.49	0.47	0.46	0.45
7	0.7	0.67	0.65	0.63	0.62	0.61	0.58	0.57	0.55	0.53
8	0.82	0.79	0.77	0.74	0.73	0.71	0.68	0.67	0.65	0.63
9	0.93	0.9	0.88	0.85	0.83	0.81	0.78	0.76	0.75	0.71
10	1.06	1.03	1	0.96	0.94	0.92	0.88	0.86	0.84	0.81
11	1.25	1.17	1.11	1.07	1.05	1.02	0.99	0.96	0.94	0.9
12	1.39	1.3	1.22	1.18	1.16	1.11	1.09	1.05	1.03	1.01

Para determinar el valor del factor f_2 se debe conocer el refrigerante, el cual en nuestro es el R – 717 (amoniaco). El resultado obtenido es de 0.95.

Tabla 3.3. Valores del coeficiente de corrección f_2 (Ramirez 1994:301)

NH ₃	0.95
R-12 y R22 por bomba	0.9
R-12 y R22 por termoventilador	0.75

Obtenido los valores de los factores de corrección se procede a reemplazar en la ecuación 3.2, teniendo como resultado:

$$N_{FC} = 14.3 \text{ kW}$$

Se debe mencionar que el flujo de aire de los ventiladores de los evaporadores se determinó en base a las renovaciones de aire mínimas requeridas para las cámaras de almacenamiento. En este caso el número de renovaciones recomendado va desde 15 a 30 renovaciones por hora. Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se procede a estimar el flujo necesario de cada evaporador:

- Volumen de la cámara : 11,915.52m³.
- Número de renovaciones : 15 renovaciones/h.
- Número de evaporadores : 12 und.
- Caudal mínimo de cada evap. : 14,894.4 m³/h.

Para la selección de los evaporadores se usa el software GPC de la empresa Guntner. Los datos de entrada que se requiere son los siguientes:

- Cantidad de Evaporadores : 12 und.
- Descripción : Tipo Cúbico.
- Capacidad Unitaria : 9,080 kcal/h = 11 kW.
- Refrigerante : R-717.
- Temp. Evaporación : -3°C.
- Temp. Ambiente : +35 °C.
- Tiro de Aire Mínimo : 12 m.
- Descongelamiento : Por aire.
- Voltaje de Ventiladores : 440V/3F/60Hz.

Para ver más detalle acerca de la selección de evaporadores Guntner ver el Anexo 2 – Selección de evaporadores Guntner.

Conocidos todos los requerimientos que debe tener cada evaporador, el software selecciona el evaporador cúbico modelo AGHN 045.2E/312-A0J/20P.M.

Tabla 3.2: Ficha Técnica del Evaporador marca Guntner (2018).

Evaporador inundado AGHN 045.2E/312-A0J/20P.M			
Capacidad:	15.0 kW	Refrigerante:	NH3 (R717)
Superficie de reserva:	23.2 %	Temp. de evaporación:	-3.0 °C
Caudal de aire:	15260 m³/h	Tasa de alimentación (bomba):	3.5
Velocidad del aire:	2.7 m/s		
Condensado:	5.25 kg/h		
Temp. de aire:	5.0 °C		
Humedad rel.:	75 %		
Presión atmosf.:	1013 mbar		
Coef. transf. de calor:	34.41 W/(m²·K)	Caudal de masa:	149 kg/h
Ventiladores:	3 Unidad(es) 3~400V 60HzY/(-)	Diámetro del ventilador:	450 mm
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	60 dB(A)
Revoluciones:	1240 min-1 / (-)	a una distancia de:	3.0 m
Capacidad:	0.53 kW, 1/4 hp mecánico		
Corriente:	0.92 A	Tiro de aire:	aprox. 42 m
Caja:	AlMg, Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Acero inox. AISI 304
Superf. de intercambio:	69.3 m²	Aletas:	Aluminio
Diámetro de distribuidor:	1" NPS (33.40 mm)	Colector:	1" NPS (33.40 mm)
Volumen de tubos:	28.2 l	Entrada:	1/2" NPS (21.34 mm)
Paso de aleta:	12.00 mm	Colector de aspiración:	1" NPS (33.40 mm)
Peso vacío:	160 kg		
Presión de servicio máxima:	32.0 bar		
Dimensiones:		Circuitos:	1N
Longitud del aparato:	3240 mm	Distribuciones:	3
Ancho del aparato:	660 mm	Area de paso:	1.6 m²
Altura del aparato:	650 mm		
Número de soportes:	8		

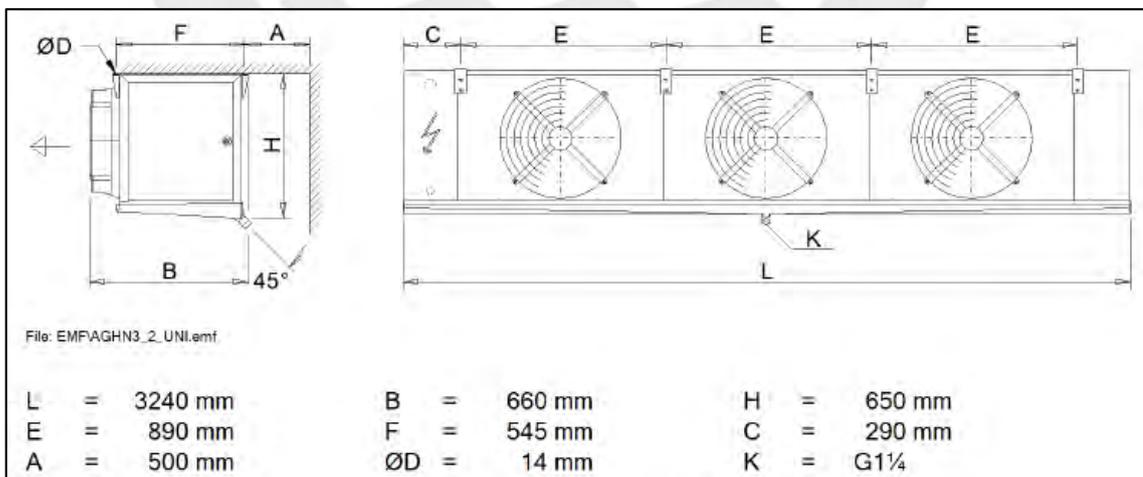


Figura 3.1: Dimensiones del Evaporador marca Guntner.

3.3. Selección de Condensador Evaporativo

Para el sistema propuesto en la presente tesis se usará un condensador evaporativo de la marca Evapco de la serie SCDC, pues nos brinda la ventaja de que estos condensadores pueden ser trasladados en contenedores estándar (20 o 40 pies).

Los datos que se requieren para seleccionar el condensador evaporativo son los siguientes:

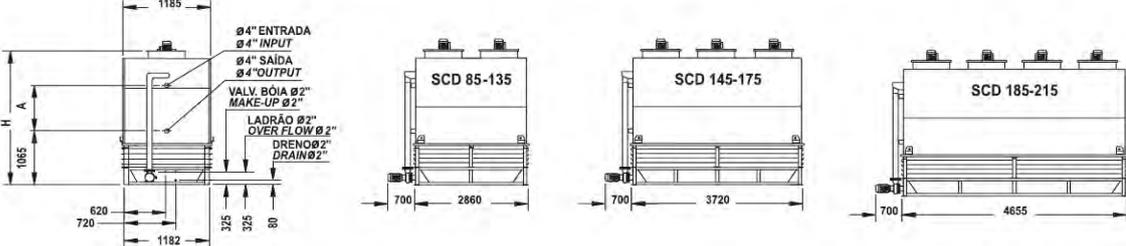
- Cantidad : 01 und.
- Refrigerante : R-717.
- Carga a disipar : 260.4 kW.
- Temperatura de condensación : 35 °C.
- Temperatura de bulbo húmedo : 23 °C.

Conocidos los datos de entrada, se obtiene como resultado el siguiente condensador evaporativo: SCD-85.

- Modelo : SCD-85.
- Refrigerante : R-717.
- Capacidad de Disipación de Calor : 315 kW.
- Temperatura de condensación : 35 °C.
- Temperatura de bulbo húmedo : 23 °C.

Tabla 3.3: Ficha Técnica del Condensador Evaporativo EVAPCO (2018).

MODELOS SCD-85 A SCD-215/MODELS SCD-85 TO SCD-215



MODELO/ MODEL	PESO/WEIGHT (kg)		MOTOR VENT/ FAN MOTOR (cv)	VAZÃO ÁGUA/ WATER FLOW (l/s)	MOTOR BOMBA/ PUMP MOTOR (cv)		CARGA R-717/ R-717 CHARGE (kg)	A (mm)	H (mm)
	EMBARQUE APROX./ APPROX. SHIPPING	OPERAÇÃO APROX./ APPROX. OPERATION			50 Hz	60 Hz			
SCD-85	1870	2890	(2x) 2,0	9,7	1,5	1,5	36	610	2590
SCD-110	2015	3100	(2x) 2,0	9,7	1,5	1,5	49	845	2820
SCD-125	2160	3325	(2x) 2,0	9,7	1,5	1,5	62	1080	3050
SCD-135	2220	3415	(2X) 3,0	9,7	1,5	1,5	65	1080	3050

Nota: Se debe mencionar que la temperatura de bulbo húmedo fue recogida de la página oficial de SENAMHI para los meses de enero, febrero y marzo del 2018. Así mismo, para más detalle de la selección del condensador evaporativo revisar el Anexo 3 – Selección de condensadores evaporativos Evapco.

3.4. Selección de Tanques

El sistema propuesto contempla el uso de tanques presurizados, los cuales serán seleccionados usando el manual de la empresa EVS. A continuación, se detalla los tipos de tanques así como también sus características.

3.4.1. Tanque Recibidor

El tanque recibidor tiene la función de almacenar el refrigerante que sale del condensador en estado líquido saturado. Además, este tanque debe tener la capacidad de almacenar el refrigerante del todo el sistema. Según Ramírez (1994), para determinar el volumen de refrigerante que usará todo el sistema se requiere los siguientes datos de entrada.

- Refrigerante : R-717 (Amoniaco).
- $\delta_{(t=-3^{\circ}C)}$: 0.642 kg/dm³ (Líquido Saturado).
- $\delta_{(t=+35^{\circ}C)}$: 0.587 kg/m³ (Líquido Saturado).
- Volumen de un evaporador : 28.2 l.

Tabla 3.4: Data Técnica del Evaporador marca Guntner.

Caja: AlMg, Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador: Acero inox. AISI 304
Superf. de intercambio: 69.3 m ²	Aletas: Aluminio
Diámetro de distribuidor: 1" NPS (33.40 mm)	Colector: 1" NPS (33.40 mm)
Volumen de tubos: 28.2 l	Entrada: 1/2" NPS (21.34 mm)
Paso de aleta: 12.00 mm	Colector de aspiración: 1" NPS (33.40 mm)
Peso vacío: 160 kg	
Presión de servicio máxima: 32.0 bar	
Dimensiones:	
Longitud del aparato: 3240 mm	Circuitos: 1N
Ancho del aparato: 660 mm	Distribuciones: 3
Altura del aparato: 650 mm	Area de paso: 1.6 m ²
Número de soportes: 8	

Cantidad de Refrigerante en los Evaporadores se determinará con la siguiente expresión:

$$Masa.real = \delta_{(t=-3^{\circ}C)} \times Vol.evap.total \quad (3.1)$$

Donde:

Masa. real = Volumen real de amoniaco del sistema (kg).

$\delta_{(t=-3^{\circ}C)}$ = Densidad del R-717 a -3°C en estado líquido saturado (kg/dm³).

Vol. Evap.Total = Volumen total de los evaporadores (dm³)

Teniendo como resultado:

$$Masa.real = 217.5 \text{ kg}$$

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que el refrigerante también se encuentra alojada en tuberías y otros accesorios, (Ramirez, 1994), considera un factor de seguridad de 1.25 para tales casos; Obteniéndose, lo siguiente:

$$Masa.factor = Masa.real \times 1.25 \quad (3.2)$$

$$Masa.factor = 271.85 \text{ kg}$$

Dado que el recipiente recibe el refrigerante directamente del condensador, se debe considerar la densidad del amoniaco a +35°C, teniéndose:

$$Vol.tanque = \frac{Vol.factor}{\delta_{(t=+35^{\circ}C)}} \quad (3.3)$$

$$Vol.tanque = 463 \text{ dm}^3 \leftrightarrow 16.35 \text{ ft}^3$$

Una vez obtenido el volumen del tanque, se procede a buscar en el catálogo de RVS.

Tabla 3.5: Ficha Técnica del Tanque Recibidor (EVS, 2017).

Model No.	A Diameter	B Overall Length	C Shell Length	D Liquid Inlet	E Liquid Outlet	F Equalizer	G Level Column	H Purge	J Relief	K Drain	X Saddles	(lbs.) Vessel Weight	(Ft ³) Internal Volume	(lbs. @ 80%) Pumpdown Capacity
HHPR20-96	20	96	81	1-1/4	1	3/4	1-1/4	3/4	1/2	3/4	48	785	16.1	472
HHPR20-144	20	144	129	1-1/2	1	1	1-1/4	3/4	1/2	3/4	86	1,100	23.7	695
HHPR24-144	24	144	127-1/2	2	1-1/4	1	1-1/4	3/4	1/2	3/4	86	1,330	34.9	1,023
HHPR24-192	24	192	175-1/2	2	1-1/4	1-1/4	1-1/4	3/4	1/2	3/4	116	1,750	47.3	1,387
HHPR30-138	30	138	119	2	1-1/4	1-1/4	1-1/4	3/4	1/2	3/4	80	1,625	51.0	1,496
HHPR36-141	36	141	119	2-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/4	3/4	1/2	3/4	83	2,015	75.7	2,220
HHPR42-144	42	144	119	3	2	2	1-1/4	3/4	3/4	3/4	72	2,425	105	3,080
HHPR48-147	48	147	119	3	2	2	1-1/4	3/4	3/4	3/4	74	2,860	139	4,077
HHPR48-266	48	266	238	4	2-1/2	2-1/2	1-1/4	3/4	3/4	3/4	158	4,980	266	7,803
HHPR54-150	54	150	119	4	2-1/2	2-1/2	1-1/4	3/4	3/4	3/4	75	4,395	185	5,427
HHPR54-269	54	269	238	5	3	3	1-1/4	3/4	1	3/4	161	7,565	339	9,944
HHPR60-153	60	153	119	4	2-1/2	2-1/2	1-1/4	3/4	1	3/4	77	5,025	231	6,776
HHPR60-272	60	272	238	5	3	3	1-1/4	3/4	1	3/4	162	8,550	421	12,350
HHPR72-159	72	159	119	5	3	3	1-1/4	3/4	1	3/4	80	8,020	343	10,062
HHPR72-278	72	278	238	6	4	4	1-1/4	3/4	1	3/4	166	13,250	617	18,100
HHPR84-165	84	165	119	5	4	4	1-1/4	3/4	1	3/4	74	9,820	478	14,022
HHPR84-284	84	284	238	6	5	5	1-1/4	3/4	1	3/4	168	15,960	853	25,023
HHPR96-171	96	171	119	6	4	4	1-1/4	3/4	1	3/4	73	12,675	646	18,951
HHPR96-290	96	290	238	8	5	5	1-1/4	3/4	1-1/4	3/4	176	19,750	1,131	33,179
HHPR108-177	108	177	119	6	5	5	1-1/4	3/4	1	3/4	65	16,610	826	24,231
HHPR108-296	108	296	238	8	6	6	1-1/4	3/4	1-1/4	3/4	170	26,150	1,462	42,889
HHPR120-183	120	183	119	8	5	5	1-1/4	3/4	1-1/4	3/4	65	25,600	1,046	30,685
HHPR120-302	120	302	238	10	6	6	1-1/4	3/4	1-1/4	3/4	170	39,700	1,831	53,714
HHPR144-195	144	195	119	10	6	6	1-1/4	3/4	1-1/4	3/4	65	35,200	1,583	46,438
HHPR144-314	144	314	238	12	6	6	1-1/4	3/4	1-1/4	3/4	170	51,900	2,714	79,617

El tanque recibidor seleccionado es el HHPR20-144.

3.4.2. Tanque de Recirculación

El tanque de recirculación, también conocido como tanque separador, tiene la función de separar dos estados del refrigerante, líquido y gas. Para su selección, se usará el catálogo de selección de tanques de recirculación vertical de la empresa Frick, el cual requiere los siguientes datos de entrada:

- Refrigerante : R-717 (Amoniaco).
- Capacidad Frigorífica : 126.8 kW = 36 TR.
- Temperatura de Evaporación : -3°C = 26.6 °F

Una vez conocidos los datos de entrada se procede a seleccionar el tanque, en este caso, se seleccionará el tanque de recirculación vertical **VRC-24-110**.

Tabla 3.6: Tabla de Selección del Tanque de Recirculación (Frick, 2018).
VERTICAL RECIRCULATOR CAPACITIES R-717

Model No.	Operating Temperature										
	Two Stage				Single Stage						
	-50°F	-40°F	-30°F	-20°F	-20°F	-10°F	0°F	10°F	20°F	30°F	40°F
VRC-24-110	51.9	64.2	77.7	92	80	92.6	104	119	134	147	158
VRC-30-115	82.8	102	124	146	127	147	167	191	214	235	252
VRC-36-116	119	147	178	211	184	213	240	275	308	339	363
VRC-42-143	163	202	244	289	252	291	329	377	423	464	492
VRC-48-146	212	262	317	376	327	378	427	489	549	603	646
VRC-54-149	269	333	404	478	418	481	543	622	698	766	822
VRC-60-152	334	413	500	592	515	596	674	771	865	950	1019
VRC-72-158	480	595	720	852	741	858	969	1109	1244	1366	1465
VRC-84-164	649	804	973	1152	1002	1159	1310	1499	1682	1847	1981
VRC-96-170	848	1050	1271	1505	1308	1514	1711	1958	2196	2412	2587
Separation Velocity	227.5	210	192.5	175	175	157.5	140	127.5	115	102.5	90

3.5. Cálculo de Bomba de Amoniaco

Para el cálculo de la bomba de amoniaco se usará la siguiente expresión (Hermetic 2010):

$$NPSH_{disp.} = 10^5 \frac{(p' - p_t)}{\rho \times g} + e_z - z \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

- e_z = Altura geodésica de acometida, m
- p_t = Tensión de vapor del líquido a trasegar, bar abs.
- p' = Presión del gas ejercida en el nivel de líquido en la aspiración, bar abs.
- ρ = Densidad del líquido a trasegar, kg/m³
- Z = Pérdida de carga en la línea de aspiración, m.

En este caso, el amoniaco que alimenta la bomba se encuentra en estado de ebullición, por lo que la presión del gas dentro del recipiente equivale a la tensión del vapor del líquido ($p' = p_t$). Por lo tanto, la expresión en paréntesis la ecuación 3.4 es igual a cero. Por lo tanto, la expresión se reduce a lo siguiente:

$$NPSH_{disp.} = e_z - z \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Para el cálculo de las pérdidas de carga Z se usará la ecuación de Darcy y Weisbach:

$$z = f \frac{L V^2}{D 2g} + K_c \frac{V}{2g} + K_v \frac{V}{2g} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Donde:

- f = Factor de fricción de Darcy.
- L = Longitud de la tubería de alimentación de amoniaco a la bomba, m.
- D = Diámetro de la tubería de alimentación de amoniaco a la bomba, m.
- V = Velocidad media del fluido, m/s.
- K_c = Factor de fricción para accesorios.
- K_v = Factor de fricción para válvulas.

Para determinar el factor de fricción de Darcy, se requiere conocer el número de Reynolds.

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Donde:

- μ = Viscosidad dinámica del fluido, (N.s/m²).
- ρ = Densidad del líquido a trasegar, kg/m³

Reemplazando los valores mostrados en la tabla se obtiene lo siguiente:

V	1 m/s
D	26.64 mm
ρ	643.5 kg/m ³
μ	2.41x10 ⁻⁶ N.s/m ²
Re	725837

Usando el diagrama de Moody, se obtiene el valor de f :

\mathcal{E}	0.046 mm
D	26.64 mm
Re	725837
f	0.023

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación de Darcy y Weisbach, se obtiene lo siguiente:

$$z = 0.284 \text{ m}$$

Por lo tanto, reemplazando el valor de la pérdida de carga por tuberías y accesorios en la ecuación 3.5, obtenemos el valor del NPSH.

$$NPSH_{disp.} = 1.216 \text{ m}$$

Para determinar el caudal (Q) de la bomba se usará la siguiente expresión:

$$Q = \left(\frac{C_{frig.}}{h_{fg(t=-3^{\circ}C)}} \right) \times n \times v_{(t=-3^{\circ}C)} \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Donde:

$C_{frig.}$ = Carga frigorífica del sistema, kcal/h.

$h_{fg(t=-3^{\circ}C)}$ = Entalpía de fusión, kcal/kg.

n = Tasa de recirculación.

$v_{(t=-3^{\circ}C)}$ = Volumen específico del fluido, m³/kg.

Reemplazando los valores se obtiene el valor del caudal.

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Conociendo el NPSH y el caudal se procede a seleccionar la bomba de amoníaco CAM 1/3 AGX 1.0 del catálogo de la empresa Hermetic.

3.6. Cálculo de Tuberías

Para el cálculo de tuberías se usará el software CoolSelector de la empresa Danfoss; no obstante, se mostrará el cálculo analítico para poder contrastar la proximidad en los cálculos con el programa antes mencionado. Para esto el software nos solicitará los siguientes datos de entrada:

- Refrigerante : R-717 (Amoníaco).
- Sistema de Refrigeración : Amoníaco Bombeado.
- Capacidad Frigorífica de la Línea : Considerar si es troncal o ramal.
- Longitud de la tubería : Considerar si es troncal o ramal.

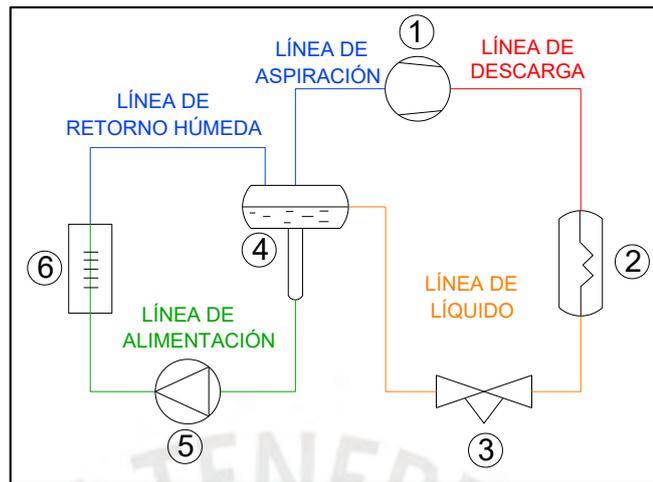


Figura 3.2: Esquema del sistema de refrigeración con amoníaco recirculado (Bombeado).

Para el cálculo analítico de tuberías se usaron las velocidades recomendadas por Danfoss para un sistema de amoníaco recirculado (bombeado).

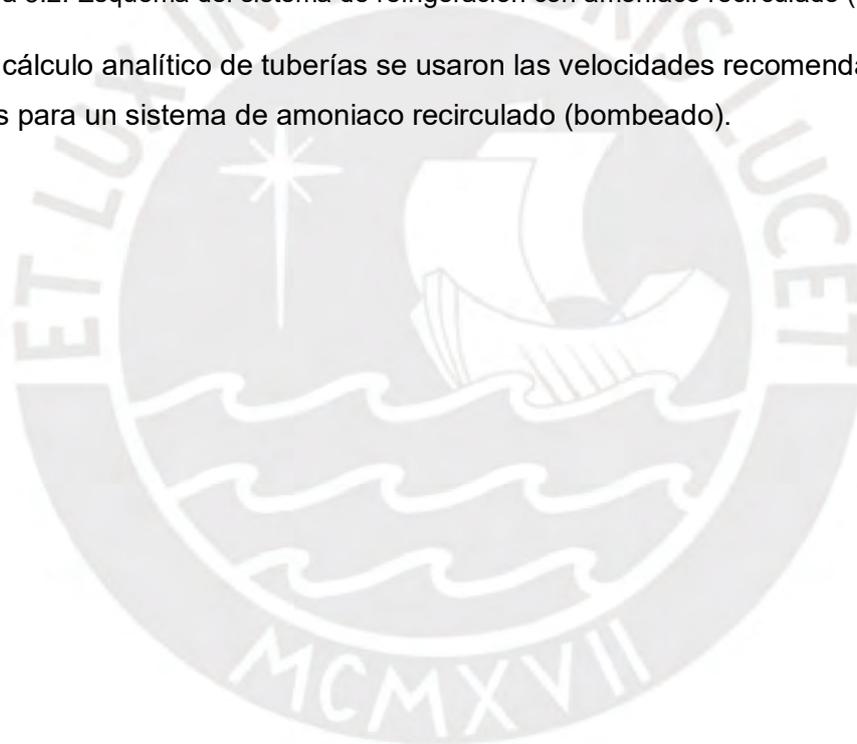


Tabla 3.7: Cálculo de tuberías para un sistema de amoniaco recirculado (bombeado)

TUBERÍA	Temp. (°C)	Densidad (kg/m3)	Caudal (kg/h)	Caudal (m3/h)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)	φ int (mm)	φ NORMALIZADO (mm)
Línea de Aspiración	-3	3.11	424.3	136.4	0.0379	12	63.4	DIN - EN 65
Línea de Descarga	114.6	7.54	424.3	56.3	0.0156	15	36.4	DIN - EN 32
Línea de Líquido	35	590.3	424.3	0.7	0.0002	1	15.9	DIN - EN 15
Línea de Alimentación de Líquido (bombeado)								
Troncal	-3	642.6	1289	2.0	0.0006	1	37.7	DIN - EN 32
Ramal 1	-3	642.6	297.4	0.5	0.0001	1	12.8	DIN - EN 15
Ramal 2	-3	642.6	148.7	0.2	0.0001	1	9.0	DIN - EN 10 (15)*
Línea de Retorno Húmeda								
Troncal	-3	10.76	1289	119.8	0.0333	12	59.4	DIN - EN 65
Ramal 1	-3	10.76	297.4	27.6	0.0077	12	28.5	DIN - EN 25
Ramal 2	-3	10.76	148.7	13.8	0.0038	12	20.2	DIN - EN 20

*En el caso de la línea de alimentación ramal 2, los cálculos muestran un diámetro nominal de 10 mm; no obstante, se seleccionará una tubería de diámetro nominal 15 mm ya que esto facilita su instalación en campo.

Para mayor detalle del cálculo de tuberías revisar el Anexo 4 – Dimensionamiento de Tuberías con CoolSelector.

3.7. Selección de Puertas

Para seleccionar la puerta frigorífica adecuada se debe conocer la aplicación o forma de trabajo dentro del recinto refrigerado. En este caso, se requiere climatizar una cámara de refrigeración con un ingreso diario de 180 toneladas de palta Hass, las cuales son trasladadas por medio de montacargas eléctricos. Teniendo en cuenta la forma de trabajo dentro de la cámara, se requerirá que las puertas estén constantemente abriendo y cerrando; y que además este tiempo (apertura y cerrado) debe ser el menor posible para optimizar los procesos (ingreso y salida de producto dentro de la cámara refrigerada). Conocido los requerimientos de las puertas se seleccionará una puerta rápida enrollable.



Figura 3.3: Puertas Rápidas Enrollables (Infracra 2017)

3.8. Selección de Componentes Eléctricos

En esta sección se seleccionará los conductores e interruptores de los componentes de la cámara de refrigeración. Para fines prácticos se procederá a tener un solo gabinete eléctrico donde se ubicará todos los componentes del sistema de refrigeración.

3.8.1. Selección de Conductores e Interruptores

Para la selección de conectores se debe conocer las características eléctricas de los dispositivos que componen el sistema de refrigeración. A continuación, se muestra el cuadro de cargas.

Tabla 3.8: Cuadro de Cargas del Compresor

EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN					
Descripción	Consumo (kW)	Tensión (V)	Nº de fases	Corriente In (A)	Corriente Id (A)
Compresor					
Compresor GEA 55GS	56	460	3	81.50	101.88

Tabla 3.9: Cuadro de Cargas de la Sala de Máquinas

EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN					
Descripción	Consumo (kW)	Tensión (V)	Nº de fases	Corriente In (A)	Corriente Id (A)
Bomba de Amoniaco					
Bomba 01 CAM 2/3 AGX 3.0	4.7	220	3	7.50	9.38
Bomba 02 CAM 2/3 AGX 3.0	4.7	220	3	7.50	9.38
Condensador Evaporativo					
Bomba de Agua 01	1.2	220	3	3.3	4.2
Bomba de Agua 01	1.2	220	3	3.3	4.2
Ventilador 01 de Condensador 01	1.5	220	3	4.2	5.2
Ventilador 02 de Condensador 01	1.5	220	3	4.2	5.2



Tabla 3.10: Cuadro de Cargas de la Cámara de Refrigeración

EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN					
Descripción	Potencia (kW)	Tensión (V)	N°de fases	Corriente In (A)	Corriente Id (A)
AGHN 045.2E/312-A0J/20P.M.					
Ventilador 1 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 1 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 2 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56
Ventilador 3 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56

Para la selección de la sección del conductor se procederá a evaluar el amperaje permisible de las diferentes secciones que se muestran en la siguiente tabla:

Para poder determinar las corrientes admisibles (de diseño) se usa la siguiente fórmula:

$$P = \sqrt{3} * \cos\phi * V * I * \eta$$

Donde:

P = Potencia consumida, W.

$\cos\phi$ = Factor de potencia.
 V = Voltaje (V).
 I = Corriente (A).
 η = Eficiencia.

También se consideró el factor de corrección para trabajos en dos temperaturas.

Tabla 3.14: Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30°C para cables al aire (CNE 2006)

Temperatura ambiente [°C]	PVC		XLPE o EPR		MI - Mineral * (al aire)	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cubierta de PVC o desnudo y expuesto al contacto 70°C	Desnudo no expuesto al contacto 105 °C
10	1,22	1,10	1,15	1,07	1,26	1,14
15	1,17	1,05	1,12	1,04	1,20	1,11
20	1,12	1,00	1,08	1,00	1,14	1,07
25	1,06	0,95	1,04	0,96	1,07	1,04
30	1,00	0,89	1,00	0,93	1,00	1,00
35	0,94	0,84	0,96	0,89	0,93	0,96
40	0,87	0,77	0,91	0,85	0,85	0,92
45	0,79	0,71	0,87	0,80	0,87	0,88
50	0,71	0,63	0,85	0,76	0,67	0,84
55	0,61	0,55	0,76	0,71	0,57	0,80
60	0,50	0,45	0,71	0,65	0,45	0,75
65	-	-	0,65	0,60	-	0,70
70	-	-	0,58	0,53	-	0,65
75	-	-	0,50	0,46	-	0,60
80	-	-	0,41	0,38	-	0,54
85	-	-	-	-	-	0,47
90	-	-	-	-	-	0,40
95	-	-	-	-	-	0,32

En este caso de estudio tendremos cables entubados en PVC a una temperatura ambiente de +35°C; de tal forma, usaremos el factor de corrección 0.94.

Tabla 3.11: Capacidad de Corriente (CNE 2006)

(Ver Reglas 030-004, 050-104, 070-012, 070-2212, 150-000, 150-742, 220-008 y 220-016, y Tablas 5A, 5C y 19)

Capacidad de corriente en A de conductores aislados – Al aire libre

Basada en temperatura ambiente: 30 °C al aire y 20 °C en tierra

Sección nominal del conductor [mm ²]	Cables multipolares				Cables unipolares			
	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)							
	Dos conductores de carga		Tres conductores de carga		Dos conductores de carga al contacto		Tres conductores de carga en triángulo	
								
Aislamiento	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR
Temperatura	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	22	26	18,5	23	-	-	-	-
2,5	30	36	25	32	-	-	-	-
4	40	49	34	42	-	-	-	-
6	51	63	43	54	-	-	-	-
10	70	86	60	75	-	-	-	-
16	94	115	80	100	-	-	-	-
25	119	149	101	127	131	161	110	135
35	148	185	126	158	162	200	137	169
50	180	225	153	192	196	242	167	207
70	232	289	196	246	251	310	216	268
95	282	352	238	298	304	377	264	328
120	328	410	276	346	352	437	308	383
150	379	473	319	399	406	504	356	444
185	434	542	364	456	463	575	409	510
240	514	641	430	538	546	679	485	607
300	593	741	497	621	629	783	561	703
400	-	-	-	-	754	940	656	823
500	-	-	-	-	868	1083	749	946
630	-	-	-	-	1005	1254	855	1088

De la tabla 3.11 se obtiene las dimensiones nominales de la sección del conductor para cada equipo de refrigeración; así obtenemos lo siguiente:

Tabla 3.12: Sección de Cable de los Equipos de Refrigeración

EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN						
Descripción	Consumo (kW)	Tensión (V)	Nº de fases	Corriente In (A)	Corriente Id (A)	Sección mm2
Compresor						
Compresor GEA 55GS	56	460	3	81.50	101.88	35.00
Bomba de Amoniaco						
Bomba 01 CAM 2/3 AGX 3.0	4.7	220	3	7.50	9.38	1.50
Bomba 02 CAM 2/3 AGX 3.0	4.7	220	3	7.50	9.38	1.50
Condensador Evaporativo						
Bomba de Agua 01	1.2	220	3	3.3	4.2	1.50
Bomba de Agua 01	1.2	220	3	3.3	4.2	1.50
Ventilador 01 de Condensador 01	1.5	220	3	4.2	5.2	1.50
Ventilador 02 de Condensador 01	1.5	220	3	4.2	5.2	1.50
AGHN 045.2E/312-AQJ/20P.M.						
Ventilador 1 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50

Tabla 3.13: Sección de Cable de los Tableros del Sistema de Refrigeración

TABLERO DEL COMPRESOR						
Descripción	Consumo (kW)	Tensión (V)	Nº de fases	Corriente In (A)	Corriente Id (A)	Sección mm2
Compresor						
Compresor GEA 55GS	56	460	3	81.50	101.88	35.00
TABLERO DE COMPRESOR				81.50	101.9	35.00
TABLERO DE LA SALA DE MÁQUINAS						
Descripción	Consumo (kW)	Tensión (V)	Nº de fases	Corriente In (A)	Corriente Id (A)	Sección mm2
Bomba de Amoniaco						
Bomba 01 CAM 2/3 AGX 3.0	4.7	220	3	7.50	9.38	1.50
Bomba 02 CAM 2/3 AGX 3.0	4.7	220	3	7.50	9.38	1.50
Condensador Evaporativo						
Bomba de Agua 01	1.2	220	3	3.3	4.2	1.50
Bomba de Agua 01	1.2	220	3	3.3	4.2	1.50
Ventilador 01 de Condensador 01	1.5	220	3	4.2	5.2	1.50
Ventilador 02 de Condensador 01	1.5	220	3	4.2	5.2	1.50
TABLERO DE LA SALA DE MÁQUINAS		220	3	30.00	37.5	6.00



**Tabla 3.13: Sección de Cable de los Tableros del Sistema de Refrigeración
(Continuación)**

TABLERO DE LA CÁMARA						
Descripción	Consumo (kW)	Tensión (V)	N°de fases	Corriente In (A)	Corriente Id (A)	Sección mm2
AGHN 045.2E/312-A0J/20P.M.						
Ventilador 1 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 1	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 2	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 3	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 4	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 5	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 6	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 7	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 8	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 9	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 10	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 11	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 1 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 2 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
Ventilador 3 de Evaporador 12	0.53	400	3	1.25	1.56	1.50
TABLERO DE CAMARA		440	3	45.00	49.5	10.00

Una vez determinado la sección de los cables se procede a seleccionar un cable comercial libre de halógenos; debido a que presenta una gran flexibilidad; además, no propaga el incendio y presenta baja emisión de humos densos. Así tenemos lo siguiente:

Tabla 3.14: Conductores Eléctricos.

CONDUCTORES ELÉCTRICOS		
SECCIÓN (mm ²)	MARCA	CÓDIGO
1.5	FREETOX	NHHF
6	FREETOX	N2XBIOH
10	FREETOX	N2XSOH
35	FREETOX	N2XSOH

Para la selección de Interruptores se tomó en cuenta los amperajes de diseño de los diferentes tipos de componentes del sistema de refrigeración. Así tenemos, lo siguiente:

Tabla 3.15: Interruptores Eléctricos.

INTERRUPTORES ELÉCTRICOS					
COMPONENTE	VOLTAJE (V)	CORRIENTE Id(A)	SELECCIÓN	MARCA	CÓDIGO
Compresor	440	101.88	3x125A	SCHNEIDER	LV430991
Bomba de Amoniaco	220	9.38	3x10A	SCHNEIDER	GV2P16
Bomba de Agua del Cond.	220	4.2	3x6A	SCHNEIDER	GV2P10
Ventilador de Cond.	220	5.2	3x6A	SCHNEIDER	GV2P10
Ventilador de Evap.	440	1.56	3x2A	SCHNEIDER	GV2P06
Tablero de Compresor	440	101.88	3x125A	SCHNEIDER	LV430991
Tablero de la Cámara	440	49.5	3x50A	SCHNEIDER	GV3P65
Tablero de la Sala de Máquinas	220	37.5	3x40A	SCHNEIDER	GV3P40
					
LV430991	GV3P65	GV3P40	GV2P16	GV2P10	GV2P06

Bibliografía del Capítulo 3

Danfoss

2018 CoolSelector2 [programa informático]. Versión 3.1.2.

Frick

2015 Vertical Recirculators. Consulta: 25 de noviembre del 2018.

GEA

2018 RTSelect [programa informático]. Versión 6.7.

Guntner

2018 GPC.AM [programa informático]. Versión 1.0.0.1.

Infrac

2017 Catálogo de Productos. Consulta: 27 de septiembre del 2018.

http://www.infrac.com/images/cat_prod.pdf

RVS

2015 Refrigeration Pressure Vessels. Consulta: 18 de septiembre del 2018.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

2018 Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. Consulta: 15 de agosto del 2018.

<https://senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En el presente capítulo se desarrollará la estimación de costos para la implementación de la cámara frigorífica de paltas Hass; el cual, contempla el suministro y montaje de los equipos de refrigeración, suministro y montaje de pannelería y cobertura TR-4, suministro y montaje de puertas frigoríficas, suministro e instalación eléctrica de control y fuerza, suministro y montaje de racks acumulativos de almacenamiento y los gastos generales.

4.1. Equipos y Componentes de la Cámara de Refrigeración

4.1.1. Equipos de Refrigeración

1. Compresor de Tornillo

Tabla 4.1. Compresor de tornillo GEA.

COMPRESOR DE TORNILLO GEA	
Modelo	55 GS
Capacidad	210.4 kW
Refrigerante	R-717
T. de Evaporación	-3°C
T. de Condensación	+35°C
Voltaje	460/3F/60 Hz
Motor	75 HP



2. Condensador Evaporativo

Tabla 4.2. Condensador Evaporativo EVAPCO.

CONDENSADOR EVAPORATIVO EVAPCO	
Modelo	SCD-85
Capacidad	315 kW
Refrigerante	R-717
Temp. de Condensación	+35°C
Temp. de Búlbo Húmedo	+23°C
Motor del Ventilador	(x2) 2 HP
Motor bomba de agua	1.5 HP



3. Evaporadores

Tabla 4.3. Evaporador Guntner.

EVAPORADOR GUNTNER	
Modelo	AGHN 045.2E/312-A0J/20P.M
Tipo	Cúbico
Capacidad	15 kW
Refrigerante	R-717
Tiro de Aire	42 m
Descongelamiento	Por Aire
Voltaje	460/3F/60 Hz



4. Bomba de Amoniaco

Tabla 4.4. Bomba de Amoniaco Hermetic.

BOMBA DE AMONIACO HERMETIC	
Modelo	CAM 2/3
Caudal min - máx.	1.0 - 12.0 m3/h
NPSHa	61 m
Temp. De Trabajo	-50 a -20 °C
Motor	AGX 3.0
Potencia del Motor	3.4 kW
Voltaje	440V3F/60Hz



5. Válvulas y Controles

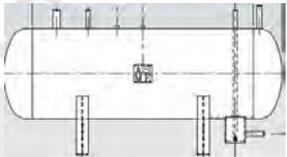
Tabla 4.5. Válvulas y Controles Danfoss.

SET DE VÁLVULAS Y CONTROLES		
	Código	Descripción
Evaporadores	SVA	Válvula de Cierre
	FA	Filtro
	SCA	Válvula de Retención
	EVRA	Válvula Solenoide
	REG	Válvula de Reguladora Manual
	EKC202	Termostato Digital
	PMLX	Válvula Solenoide
	CVMD	Válvula de Presión Constante
Condensador	SFA	Válvula de Alivio de Seguridad
	SVA	Válvula de Cierre
	ICM	Válvula Motorizada
Tanque Recibidor	DSV	Válvula de Alivio de Seguridad
	SNV	Válvula de Cierre de Aguja
	SVA	Válvula de Cierre
Compresor	SVA	Válvula de Cierre
Bomba de Amoniaco	FIA	Filtro
	RT	Control de Presión Diferencial
	SVA	Válvula de Cierre
	SCA	Válvula de Retención
Tanque de Bombeo	SVA	Válvula de Cierre
	QDV	Válvula de drenaje de aceite
	SNV	Válvula de Cierre de Aguja
	SFA	Válvula de Alivio de Seguridad
	DSV	Válvula de Alivio de Seguridad
	AKS 38	Interruptor de flotador



6. Tanques de Refrigeración

Tabla 4.6. Tanques de Refrigeración.

TANQUES DE REFRIGERACIÓN			
TANQUE DE BOMBEO (RECIRCULACIÓN)	Modelo	VRC-24-110	
	Refrigerante	R-717	
	Capacidad	140 TR	
	Temp de Evaporación	-3 °C	
			
TANQUE RECIBIDOR	Modelo	HHRP20-144	
	Refrigerante	R-717	
	Capacidad	23.7 ft3	
			

7. Suministro de Cobertura y Panelería

Tabla 4.7. Paneles de Refrigeración.

PANELES DE REFRIGERACIÓN			
POL 100	Espesor	100 mm	
	Peso	10.5 kg/m ²	
	Largo Máx.	14	
	Densidad del Poliestireno	20 kg/m ³	
	Resistencia Térmica	2.744 m ² K/W	
COBERTURA METÁLICA	Espesor	0.5 mm	
	Distancia entre Costaneras	1.5 m	
	Carga Admisible	207 kg/m ²	

8. Puertas Frigoríficas

Tabla 4.8. Puertas Frigoríficas

PUERTAS FRIGORÍFICAS	
Puerta Rápida Enrollable	
Cortinas de Lamas	

4.1.2. Estantes Acumulativos

Tabla 4.9. Estantes Acumulativos.

RACK ACUMULATIVO	
Altura de Producto	2.5 m
Número de Posiciones	1680 pos.



4.1.3. Instalaciones Eléctricas

Tabla 4.10. Instalaciones Eléctricas.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
Tablero de Control y Fuerza	
Llave Termomagnética	

Tabla 4.11. Cuadro de Precios de los Equipos de Refrigeración.

SISTEMA DE REFRIGERACION					
OFERTA: IMPLEMENTACION DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE PALTA HASS CON UNA CAPACIDAD DE 1680 TONELADAS.					
LUGAR: VIRÚ					
FECHA: 6/07/2019					
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: AMONIACO RECIRCULADO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.0	Compresor de tornillo marca GEA .- Compresor marca GEA Modelo 55 GS (75 HP)	und.	1	\$ 52,705.10	\$ 52,705.00
Sub total de compresor de tornillo en US\$					
2.0	Condensador evaporativo marca EVAPCO .- Condensador Evaporativo marca EVAPCO modelo SCD-85	und.	1	\$ 15,450.00	\$ 15,450.00
Sub total de condensador evaporativo en US\$					
3.0	Evaporadores marca Guntner .- Evaporadores para CÁMARA DE REFRIGERACIÓN modelo AGHN 045.2E/312-A0J/20P.M.	und.	12	\$ 5,974.00	\$ 71,688.00
Sub total de evaporadores en US\$					
4.0	Valvulas y controles para sistema de refrigeracion marca Danfoss .- Valvulas y controles para sistema de refrigeracion con NH3	sist.	1	\$ 20,579.40	\$ 20,579.00
Sub total de valvulas y controles en US\$					
5.0	Bomba para sistema de refrigeracion con NH3 marca Hermetic .- Bomba para sistema de refrigeracion con NH3	und.	2	\$ 2,781.00	\$ 5,562.00
Sub total de bomba de amoniaco en US\$					
6.0	Tanques de refrigeracion marca Isotherm .- Tanque recibidor horizontal .- Tanque de Recirculación / bombeo(-3°C)	und. und.	1 1	\$ 5,150.00 \$ 6,695.00	\$ 11,845.00
Sub total de tanques de refrigeracion en US\$					
7.0	Suministro de cobertura, panelería, accesorios y colgadores .- Suministro de paneles de poliestireno e=100mm de espesor .- Suministro de accesorios de panel .- Suministro de colgadores de panel	m2 m2 und.	2710 2710 345	\$ 24.10 \$ 4.00 \$ 22.00	\$ 83,741.00
Sub total de panelería y cobertura metalica en US\$					
8.0	Puertas No Frigoríficas, Frigoríficas, niveladores hidraulicos y sellos de andén .- Puerta rapida enrollable (+0°C) 2.1 x 2.7m (LxH) .- Cortina de lamas (0+°C) 2.2 x 2.7m (LxH)	und. und.	2 1	\$ 3,571.21 \$ 355.10	\$ 7,498.00
Sub total de puertas frigorificas en US\$					
9.0	Sistema Eléctrico y control .- Suministro de materiales e instalación de tableros eléctricos .- Suministro e instalación de cableado eléctrico e iluminación	glb. glb.	1 1	\$ 15,000.00 \$ 8,000.00	\$ 23,000.00
Sub total de sistema electrico en US\$					
10.0	Racks de Almacenamiento .- Suministro, fabricación y montaje de racks acumulativos para cámaras de almacenamiento	pos.	1560	\$ 130.00	\$ 202,800.00
Sub total de racks de almacenamiento en US\$					
INVERSION TOTAL EN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN en US\$, sin incluir IGV					\$ 494,868.00

4.2. Mano de Obra

4.2.1. Servicio de Ingeniería

Para la estimación del costo de ingeniería se consideró el tiempo invertido en el diseño del sistema de refrigeración, los cálculos de carga térmica, la selección de equipos y la elaboración de los planos. Asimismo, se tomó como referencia el sueldo promedio de un ingeniero mecánico titulado y colegiado con experiencia en diseño de sistemas de refrigeración; el cual es de S/. 6000. Considerando el sueldo antes mencionado, se prorratea el costo de hora de ingeniería a S/. 37.50.

A continuación, se muestra el detalle de las actividades, el tiempo invertido por el ingeniero a cargo y el costo total del mismo.

Tabla 4.12. Cuadro de Precios de la Ingeniería.

COSTO DE INGENIERÍA			
ACTIVIDAD	HORAS	COSTO (S/.)	COSTO (\$)
Recopilación de Información de los requisitos del proyecto	120	S/4,500.00	\$1,406.25
Selección del Sistema de Refrigeración	10	S/375.00	\$117.19
Dimensionamiento de la Cámara de Refrigeración	10	S/375.00	\$117.19
Cálculo de Cargas Térmicas	10	S/375.00	\$117.19
Selección de Equipos	10	S/375.00	\$117.19
Cálculos Eléctricos	20	S/750.00	\$234.38
Dibujo de Planos	120	S/4,500.00	\$1,406.25
TOTAL	300	S/11,250.00	\$3,515.63

*Cambio del dólar a S/. 3.20

4.2.2. Servicio de Suministro y Montaje Electromecánico

El costo de montaje electromecánico contempla lo siguiente:

- Montaje de paneles frigoríficos.
- Montaje de puertas frigoríficas.
- Montaje electromecánico de los equipos de refrigeración.
- Suministro y montaje de soportería metálica.
- Suministro y montaje de tuberías para NH3.
- Suministro y montaje de aislamiento térmico para tuberías.
- Limpieza y pruebas del sistema.
- Puesta en marcha del sistema.

Tabla 4.13. Cuadro de Precios de los Equipos de Refrigeración.

SISTEMA DE REFRIGERACION					
OFERTA: IMPLEMENTACION DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE PALTA HASS CON UNA CAPACIDAD DE 1680 TONELADAS.					
LUGAR: VIRÚ					
FECHA: 6/07/2019					
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: AMONIACO RECIRCULADO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.0	Montaje Electromecánico del sistema				
	.- Montaje de paneles frigoríficos	m2	2,710	\$ 4.00	
	.- Montaje de puertas frigoríficas, niveladores y sellos de andén	glb.	1	\$ 320.00	
	.- Montaje electromecánico de equipos de refrigeración	glb.	1	\$ 10,700.00	
	.- Suministro y montaje de soportería metálica	glb.	1	\$ 20,000.00	
	.- Suministro y montaje de tuberías para NH3	glb.	1	\$ 8,000.00	
	.- Suministro y montaje de aislamiento térmico para tuberías	glb.	1	\$ 6,400.00	
	.- Limpieza y pruebas del sistema	glb.	1	\$ 2,000.00	
	.- Puesta en marcha del sistema	glb.	1	\$ 2,500.00	
Sub total de montaje electromecánico en US\$					\$ 60,760.00
INVERSION TOTAL EN EL MONTAJE ELECTROMECÁNICO en US\$, sin incluir IGV					\$ 60,760.00

4.2.3. Servicios Generales

En el costo involucrado en los gastos generales comprende lo siguiente:

- Personal de Servicios.
- Alojamiento.
- Alimentación
- Facilidades en obra (comunicaciones, lugar de trabajo, baños, etc.).
- Equipos de protección personal.
- Equipos de seguridad en obra.
- Seguros a personal.
- Gastos Financieros y Operativos.
- Supervisión.
- Movilidad de personal.
- Transporte de equipos y materiales.

El costo de los gastos generales asciende a **\$46,494.92.**

4.3. Costo Total del Proyecto

A continuación, se muestra el cuadro de precios para la implementación de una cámara de refrigeración de palta Hass para 1680 toneladas.

Tabla 4.14. Cuadro de Precios de los Equipos de Refrigeración.

SISTEMA DE REFRIGERACION					
OFERTA: IMPLEMENTACION DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE PALTA HASS CON UNA CAPACIDAD DE 1680 TONELADAS.					
LUGAR: VIRÚ					
FECHA: 6/07/2019					
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN: AMONIACO RECIRCULADO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.0	Compresor de tornillo marca GEA				
	.- Compresor marca GEA Modelo 55 GS (75 HP)	und.	1	\$ 52,705.10	
Sub total de compresor de tornillo en US\$					\$ 52,705.00
2.0	Condensador evaporativo marca EVAPCO				
	.- Condensador Evaporativo marca EVAPCO modelo SCD-85	und.	1	\$ 15,450.00	
Sub total de condensador evaporativo en US\$					\$ 15,450.00
3.0	Evaporadores marca Guntner				
	.- Evaporadores para CÁMARA DE REFRIGERACIÓN modelo AGHN 045.2E/312-AQ/20P.M.	und.	12	\$ 5,974.00	
Sub total de evaporadores en US\$					\$ 71,688.00
4.0	Valvulas y controles para sistema de refrigeracion marca Danfoss				
	.- Valvulas y controles para sistema de refrigeracion con NH3	sist.	1	\$ 20,579.40	
Sub total de valvulas y controles en US\$					\$ 20,579.00
5.0	Bomba para sistema de refrigeracion con NH3 marca Hermetic				
	.- Bomba para sistema de refrigeracion con NH3	und.	2	\$ 2,781.00	
Sub total de bomba de amoniaco en US\$					\$ 5,562.00
6.0	Tanques de refrigeracion marca Isotherm				
	.- Tanque recibidor horizontal	und.	1	\$ 5,150.00	
	.- Tanque de Recirculación / bombeo(-3°C)	und.	1	\$ 6,695.00	
Sub total de tanques de refrigeracion en US\$					\$ 11,845.00
7.0	Suministro de cobertura, panelería, accesorios y colgadores				
	.- Suministro de paneles de poliestireno e=100mm de espesor	m2	2710	\$ 24.10	
	.- Suministro de accesorios de panel	m2	2710	\$ 4.00	
	.- Suministro de colgadores de panel	und.	345	\$ 22.00	
Sub total de paneleria y cobertura metalica en US\$					\$ 83,741.00
8.0	Puertas No Frigorificas, Frigorificas, niveladores hidraulicos y sellos de andén				
	.- Puerta rapida enrollable (+0°C) 2.1 x 2.7m (LxH)	und.	2	\$ 3,571.21	
	.- Cortina de lamas (0+°C) 2.2 x 2.7m (LxH)	und.	1	\$ 355.10	
Sub total de puertas frigorificas en US\$					\$ 7,498.00
9.0	Sistema Eléctrico y control				
	.- Suministro de materiales e instalación de tableros eléctricos	glb.	1	\$ 15,000.00	
	.- Suministro e instalación de cableado eléctrico e iluminación	glb.	1	\$ 8,000.00	
Sub total de sistema electrico en US\$					\$ 23,000.00
10.0	Montaje Electromecánico del sistema				
	.- Montaje de paneles frigorificos	m2	2,710	\$ 4.00	
	.- Montaje de puertas frigorificas, niveladores y sellos de andén	glb.	1	\$ 320.00	
	.- Montaje electromecanico de equipos de refrigeracion	glb.	1	\$ 10,700.00	
	.- Suministro y montaje de soportería metálica	glb.	1	\$ 20,000.00	
	.- Suministro y montaje de tuberías para NH3	glb.	1	\$ 8,000.00	
	.- Suministro y montaje de aislamiento termico para tuberías	glb.	1	\$ 6,400.00	
	.- Limpieza y pruebas del sistema	glb.	1	\$ 2,000.00	
	.- Puesta en marcha del sistema	glb.	1	\$ 2,500.00	
Sub total de montaje electromecanico en US\$					\$ 60,760.00
11.0	Racks de Almacenamiento				
	.- Suministro, fabricación y montaje de racks acumulativos para cámaras de almacenamiento	pos.	1560	\$ 130.00	
Sub total de racks de almacenamiento en US\$					\$ 202,800.00
12.0	Gastos Generales				
	.- Gastos generales calculados para 90 días calendarios (Incluye viaticos, hospedaje y alimentacion del personal)	dias	45	\$ 46,494.92	
Sub total de racks de almacenamiento en US\$					\$ 46,495.00
INVERSION TOTAL DEL PROYECTO en US\$, sin incluir IGV					\$ 602,123.00

CONCLUSIONES

1. Se ha implementado una cámara de refrigeración con una capacidad de 1680 toneladas de palta a una temperatura de +5°C usando un sistema de amoníaco bombeado.
2. Se conoce los procesos involucrados para el beneficio de la palta, así como también, los principales equipos de refrigeración.
3. Se ha determinado la carga térmica de la cámara de refrigeración, la cual tiene un valor de 127.52 kW.
4. Se ha seleccionado los principales equipos para el sistema de refrigeración con amoníaco bombeado.
5. Se ha estimado que el costo de implementación para la cámara de refrigeración es de \$ 602 123.

RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES

1. Para el presente trabajo de tesis se ha considerado solo la implementación de una cámara de refrigeración; no obstante, en el mercado, el diseño de los sistemas de refrigeración, abarca todas las áreas de una planta de beneficio; esto con el fin de optimizar los costos de suministro y montaje de los equipos.
2. Se recomienda profundizar en el tema de aislamiento térmico en tuberías, debido a que en instalaciones de gran envergadura puedan generar caídas considerables de temperatura.

Bibliografía del Capítulo 4

Bitzer

2018 Compresores de Pistón. Bitzer Brazil. Consulta: 10 de septiembre del 2018.

<https://www.bitzer.de/pe/es/compresores-de-piston/>

Danfoss

2018 CoolSelector2 [programa informático]. Versión 3.1.2.

Frick

2015 Vertical Recirculators. Consulta: 25 de noviembre del 2018.

GEA

2018 RTSelect [programa informático]. Versión 6.7.

Guntner

2018 GPC.AM [programa informático]. Versión 1.0.0.1.

Infrac Latam

2017 Catálogo de Productos. Consulta: 27 de septiembre del 2018.

http://www.infrac.com/images/cat_prod.pdf

JRM

2017 Racks Acumulativos. JRM. Consulta: 10 de septiembre del 2018.

<http://jrmsac.com.pe/sistema/rack-acumulativo/>

RVS

2015 Refrigeration Pressure Vessels. Consulta: 18 de septiembre del 2018.

ANEXOS



ANEXO 1 – Ejemplo de Cálculo de Carga Térmica con CRS

En el presente anexo se mostrará el ejemplo de cálculo de carga térmica usando el software CRS.

Para calcular la carga térmica de la cámara de refrigeración se debe conocer ciertos datos de entrada, los cuales se mencionan a continuación:

1. Carga por Transmisión

El primer paso es calcular la carga por transmisión; para lo cual, se deberá seleccionar la pestaña con el nombre de “Box” ubicado en la parte superior izquierda de la ventana del programa (ver figura 1.1).

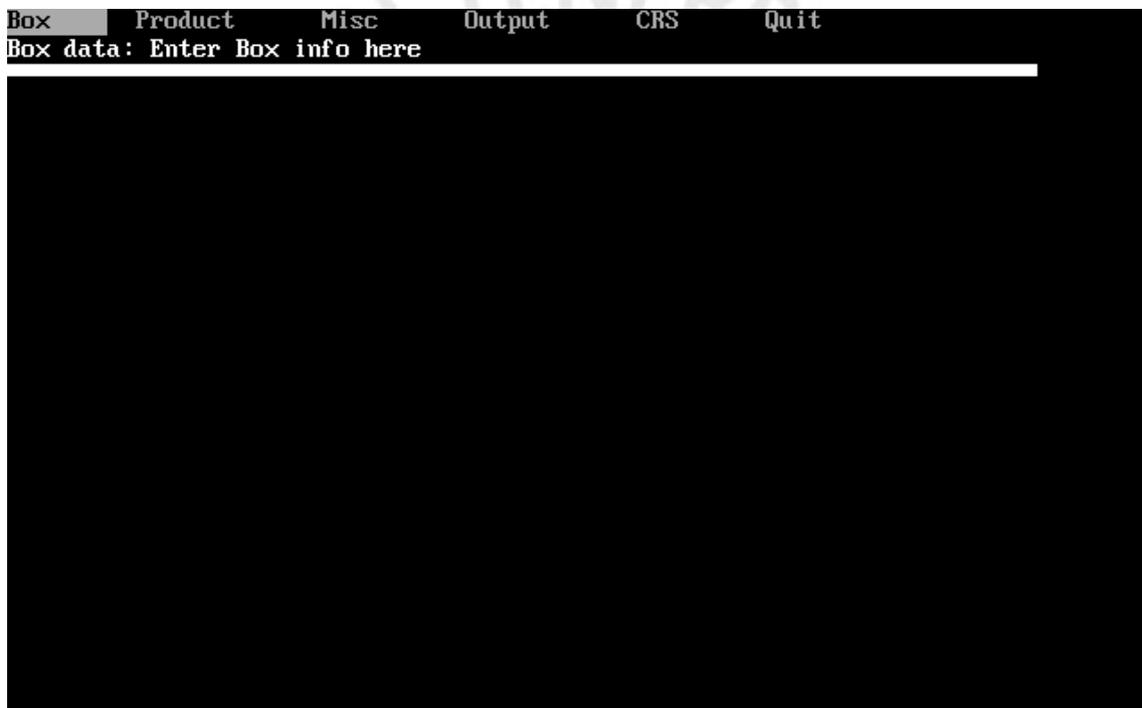


Imagen 1.1: Cálculo de carga por transmisión con CRS.

Una vez que se seleccione la pestaña “Box”, se nos solicitará los siguientes datos de entrada:

- Temperatura ambiente (°F) : 95 °F (35°C).
- Temperatura final de la cámara (°F) : 41 °F (5°C).
- Dimensiones de la cámara (pies) : 175.52 x 76.12 x 23.29 (LxHxA).
- Tipos de aislantes y espesores
 - Paredes : Poliestireno – 4 pulg.
 - Techo : Poliestireno – 4 pulg.

➤ Piso

: Concreto – 6 pulg.

```
Enter today's date in MM/DD/YY format. PgDn for next field
===== BOX DATA ===== ESC exits =====
Date: 07/11/18 Job: CAMARA DE REFRIGERACION Ambient: 95 Box Temp: 41
175.52 Depth 76.12 Width 23.29 Height
INSULATION > WALLS: .20 k Molded Polystyrene inches: 4.00
CEILING: .20 k Molded Polystyrene inches: 4.00
FLOOR: 1.5 k Concrete inches: 6.00
D W I D T H
P
E
T
H
```

Imagen 1.2: Ingreso de datos al software CRS.

Una vez ingresados los datos de entrada antes mencionados se debe presionar la tecla “escape” para guardar los datos.

```
Box Product Misc Output CRS Quit
Select Type of Product for Storage
Date: 07/11/18 Job: CAMARA DE REFRIGERACION RT hrs: 18
175.52 Depth 76.12 Width 23.29 Height 41 deg Box 95 deg Ambient
Sq Ft Surface Gain 192726 Btuh
Infiltration Load - 1 Box Door(s) 32928 Btuh Normal usage
430407 lbs *GENERAL STORAGE 258244 Btuh 24 hr Pulldown
Lights: Watts per Sq Ft 1.0 74819 Btuh
Total Load 558717 Btuh
Estimated Fan Load 84478 Btuh
Total Load with Fan 643195 Btuh
Total Load Adjusted with 10% Safety Factor 707515 Btuh
INSULATION: Walls .20 k Molded Polystyrene 4.00 in.
Ceiling .20 k Molded Polystyrene 4.00 in.
Floor 1.5 k Concrete 6.00 in.
*GENERAL STORAGE Entering at 56 deg (Pulldown of 15 degs)
```

Imagen 1.3: Resultado parcial del cálculo de cargas con CRS.

2. Carga por Producto

El segundo paso es la determinación de cargas por producto; para lo cual, se deberá seleccionar la pestaña “Product”. Luego saldrá un mensaje donde se indica lo siguiente (traducido del inglés): “Almacenamiento General, cambiarlo”, y se puede seleccionar dos opciones: sí o no; para lo cual deberá presionar la tecla “y” (yes) o “n” (no). En este caso, al conocer el producto a almacenar, palta, se procede a seleccionar la opción “y” (sí); una vez seleccionada dicha opción se desplegará un menú con los diferentes productos que tiene integrada el software CRS (ver imagen 2.1 y 2.2).

Enter a <Y> to change product type

PRODUCT	LBS/DAY	ENTER	FINAL	PULLDOWN	g Ambient
GENERAL STORAGE	Change (Y/N) ?	°F	41°F	in Hrs	
430407 lbs	*GENERAL STORAGE		258244	Btuh	24 hr Pulldown
Lights: Watts per Sq Ft 1.0			74819	Btuh	
Total Load			558717	Btuh	
Estimated Fan Load			84478	Btuh	
Total Load with Fan			643195	Btuh	
Total Load Adjusted with 10% Safety Factor			707515	Btuh	
INSULATION: Walls	.20 k Molded Polystyrene		4.00	in.	
Ceiling	.20 k Molded Polystyrene		4.00	in.	
Floor	1.5 k Concrete		6.00	in.	
*GENERAL STORAGE Entering at 56 deg (Pulldown of 15 degs)					

Imagen 2.1: Resultado parcial del cálculo de cargas con CRS.

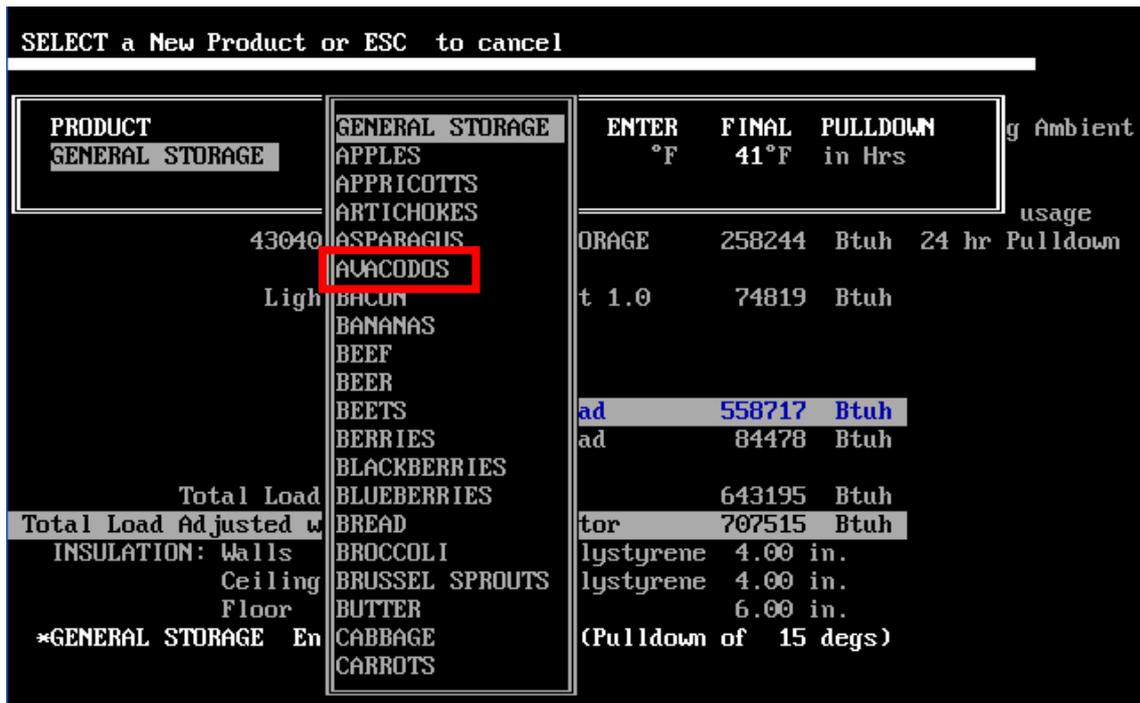


Imagen 2.2: Productos disponibles en la data del software CRS.

Dentro del menú desplegado anteriormente, se procede a seleccionar la opción de AVOCADOS. Una vez seleccionado el producto a almacenar, se requerirán los siguientes datos de entrada:

- Ingreso de producto por día (lb/día) : 396,832 lb/día.
- Temperatura de ingreso del producto : 42.8 °F (6°C).
- Temperatura final del producto : 41 °F (5°C).
- Tiempo para el cambio de temperatura : 24 horas.

Para guardar los datos ingresados se deberá presionar la tecla “escape” dos veces.

Required pulldown time? (normally 24 hrs.)		ESC exits			
PRODUCT	LBS/DAY	ENTER	FINAL	PULLDOWN	g Ambient
AVACODOS	396832	43°F	41°F	in Hrs 24	
430407 lbs	*GENERAL STORAGE	258244	Btuh	24 hr	usage Pulldown
Lights: Watts per Sq Ft 1.0		74819	Btuh		
Total Load		558717	Btuh		
Estimated Fan Load		84478	Btuh		
Total Load with Fan		643195	Btuh		
Total Load Adjusted with 10% Safety Factor		707515	Btuh		
INSULATION: Walls	.20 k Molded Polystyrene	4.00	in.		
Ceiling	.20 k Molded Polystyrene	4.00	in.		
Floor	1.5 k Concrete	6.00	in.		
*GENERAL STORAGE Entering at 56 deg (Pulldown of 15 degs)					

Imagen 2.3: Ingreso de datos para el cálculo de carga por producto.

Box	Product	Misc	Output	CRS	Quit
Select Type of Product for Storage					
Date: 07/11/18	Job: CAMARA DE REFRIGERACION	RT hrs: 18			
175.52 Depth	76.12 Width	23.29 Height	41 deg Box	95 deg Ambient	
Sq Ft Surface Gain		192726	Btuh		
Infiltration Load - 1 Box Door(s)		32928	Btuh	Normal usage	
396832 lbs	*AVACODOS	23810	Btuh	24 hr Pulldown	
Lights: Watts per Sq Ft 1.0		74819	Btuh		
Total Load		324283	Btuh		
Estimated Fan Load		49032	Btuh		
Total Load with Fan		373315	Btuh		
Total Load Adjusted with 10% Safety Factor		410646	Btuh		
INSULATION: Walls	.20 k Molded Polystyrene	4.00	in.		
Ceiling	.20 k Molded Polystyrene	4.00	in.		
Floor	1.5 k Concrete	6.00	in.		
*AVACODOS	Entering at 43 deg	(Pulldown of 2 degs)			

Imagen 2.4: Resultado parcial del cálculo de cargas con CRS.

3. Carga Misceláneos

El tercer paso es la determinación de carga térmica por misceláneos. En este caso, abarca las cargas por infiltración, por luminarias, por personas, por motores, entre otros.

Para determinar la carga por misceláneos, se debe seleccionar la pestaña “Misc” del programa CRS. Luego, se solicitará los siguientes datos de entrada:

- Tiempo de Operación de la cámara : 20 h.
- Factor de uso de la cámara : 1.0 (normal)
- Número de Puertas : 02 und.
- Factor de carga por luminarias : 1.0 (para almacenamiento).
- Carga por motores de montacargas : 12 (03 montacargas)
- Ventanas : 0 (recinto sin ventanas).
- Temperatura contigua (°F) : 75 °F (por default).
- Cantidad de Personas : 04 personas.

Run Time Hours Suggest: Above Freezing 20 hrs		Below Freezing 18 hrs	
MISC DATA —ESC exits		REFRIGERACION	RT hrs: 18
Run Time Hrs <u>20</u>		23.29 Height	41 deg Box 95 deg Ambient
Usage Factor 1.0		Surface Gain	192726 Btuh
No. of Doors 1		Box Door(s)	32928 Btuh Normal usage
Lights/Watts sq.ft. 1.0		CODOS	23810 Btuh 24 hr Pulldown
Material Handling EHP 12.00		er Sq Ft 1.0	74819 Btuh
Glass Doors 0		Total Load	324283 Btuh
Adjacent Temp 75		Fan Load	49032 Btuh
People 4			373315 Btuh
		ety Factor	410646 Btuh
		lded Polystyrene	4.00 in.
		Molded Polystyrene	4.00 in.
		Concrete	6.00 in.
*AUACODOS	Entering at 43 deg (Pulldown of 2 degs)		

Imagen 3.1: Cálculo de cargas misceláneas en CRS.

Para guardar los datos ingresados se debe presionar la tecla “escape”. Obteniendo el resultado Final.

Box	Product	Misc	Output	CRS	Quit
Misc data, EHP, run time, etc.					
Date: 07/11/18	Job: CAMARA DE REFRIGERACION			RT hrs: 20	
175.52 Depth	76.12 Width	23.29 Height		41 deg Box	95 deg Ambient
	Sq Ft Surface Gain		173454	Btuh	
	Infiltration Load - 2 Box Door(s)		59270	Btuh	Normal usage
	396832 lbs *AVACODOS		23810	Btuh	24 hr Pulldown
	Lights: Watts per Sq Ft 1.0		67337	Btuh	
	4 Occupants		3240	Btuh	
	12.00 EHP Loads		14398	Btuh	
	Total Load		341509	Btuh	
	Estimated Fan Load		51636	Btuh	
	Total Load with Fan		393145	Btuh	
	Total Load Adjusted with 10% Safety Factor		432460	Btuh	
INSULATION: walls	.20 k Molded polystyrene		4.00	in.	
Ceiling	.20 k Molded Polystyrene		4.00	in.	
Floor	1.5 k Concrete		6.00	in.	
*AVACODOS	Entering at 43 deg (Pulldown of 2 degs)				

Imagen 3.3: Cálculo de cargas usando CRS.



ANEXO 2 – Selección de Evaporadores Guntner

En el presente anexo se mostrará los pasos para seleccionar evaporadores usando el software GPC de la empresa Guntner.

Para la selección de evaporadores se requiere los siguientes datos de entrada:

- Cantidad : 06 und.
- Descripción : Tipo Cúbico – Inundado.
- Capacidad unitaria : 9,460 kcal/h
- Refrigerante : R-717 (Amoniaco).
- Caudal mínimo : 14,894 m³/h
- Sistema : Simple Etapa
- Tiro de Aire mínimo : 13 m
- Descongelamiento : Eléctrico
- T° Interior promedio del aire : +5°C
- Voltaje : 440v/3/60hz

Una vez conocidos los datos de entrada se procede a realizar la selección.

El primer paso consiste en determinar qué equipo queremos seleccionar, para esto, se seleccionará “evaporador inundado”.

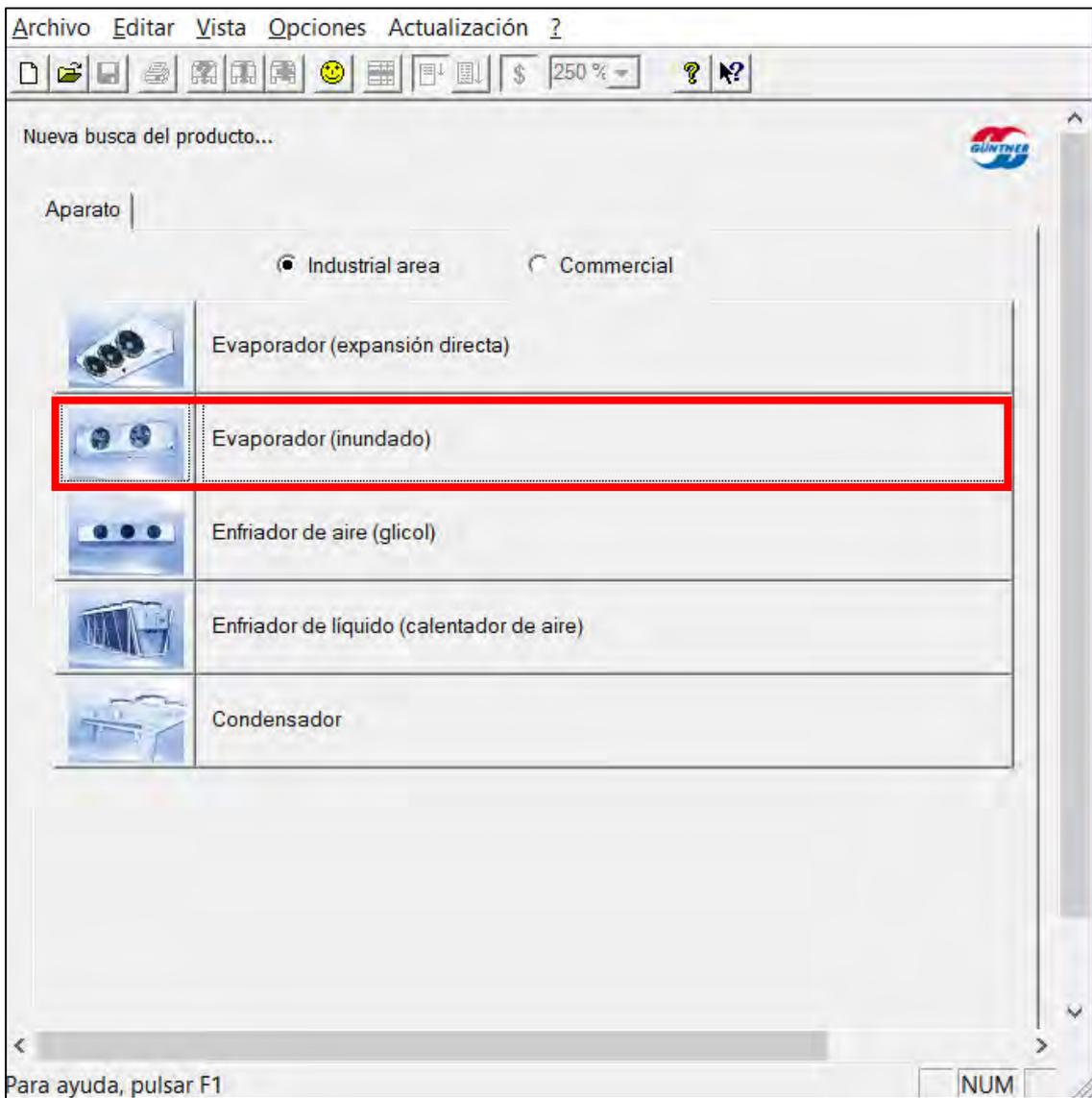


Imagen 1.1: Selección de Equipo con Guntner.

Una vez seleccionado el equipo, se abrirá una nueva ventana. En esta nueva ventana iniciará en la pestaña “termodinámica”; en la cual, se nos solicitará las características que queremos que nuestro evaporador tenga; en este caso tenemos:

Parámetros evaporador (inundado)

Termodinámica | Selección del aparato | Extras

Modo de cálculo: Indicar la capacidad (buscar la superf. de reserva)

Capacidad: 15 kW Solamente el calor sensible Batería escarchada

Medio

Medio: NH3 (R717) (GWP 0)

Temp. de evaporación: -3 °C

Sistema por gravedad

Tasa de alimentación: 3.5

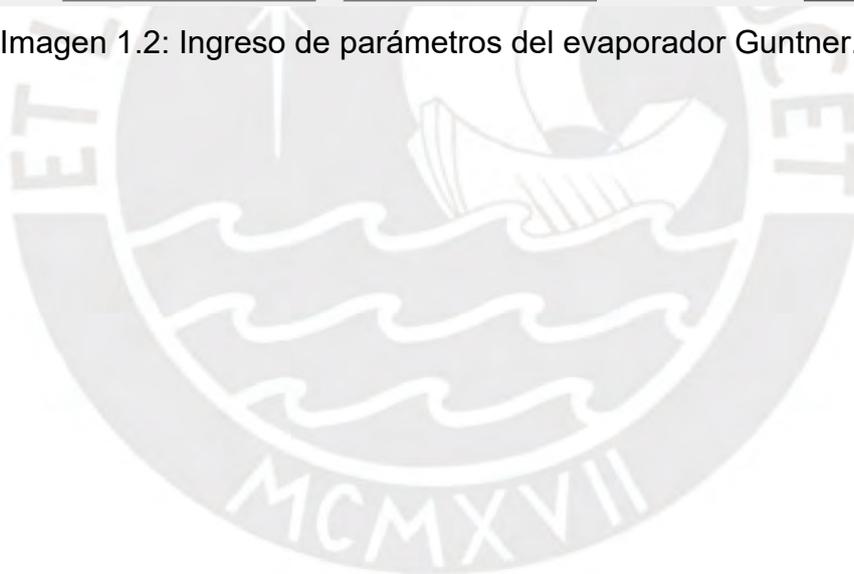
Aire

Temp. de aire: 5 °C

Humedad rel.: 75 % AUTO

Presión atmosf.: 1013 mbar

Imagen 1.2: Ingreso de parámetros del evaporador Guntner.



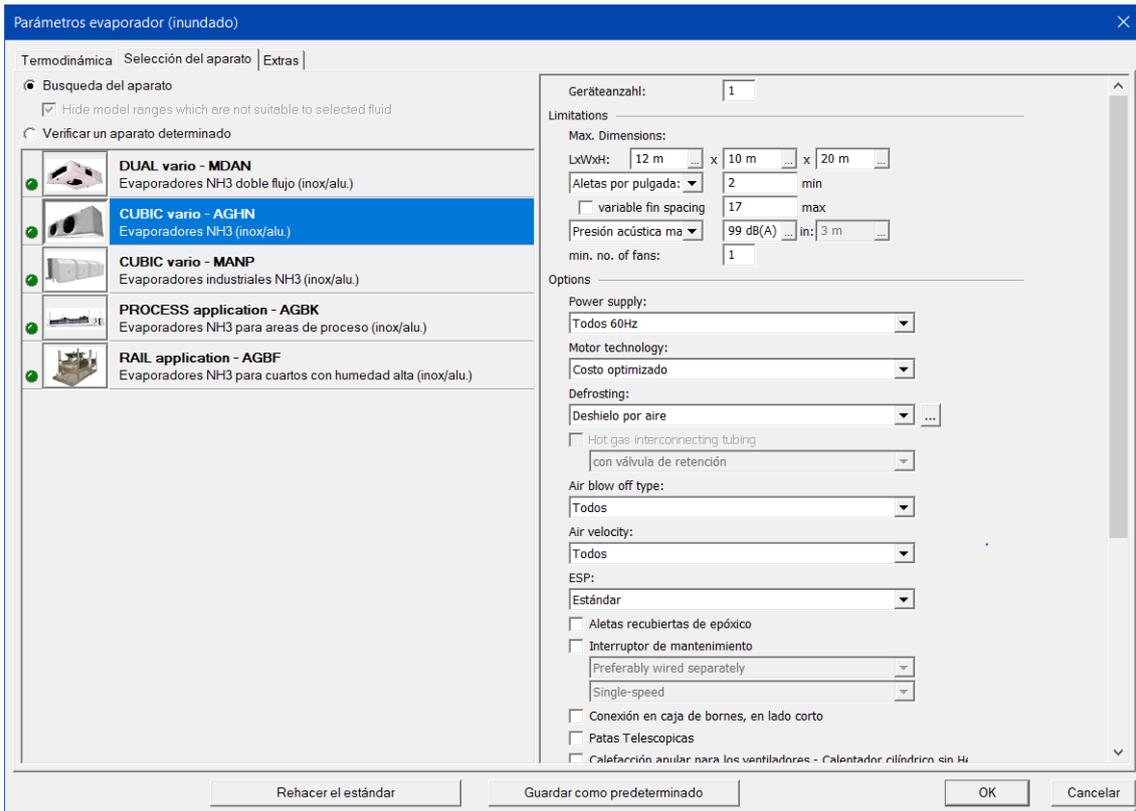


Imagen 1.3: Selección de tipo de evaporador Guntner.

especificaciones

Capacidad: 15.0 kW
 Medio: NH3 (R717)
 Temp. de: -3.0 °C
 Tasa de alimentación: 3.5
 Temp. de la cámara: 5.0 °C
 Humed. aire: 75 %

Dimensiones

Longitud: 1470 mm
 Anchura: 835 mm
 Altura: 760 mm

Acieros: 20

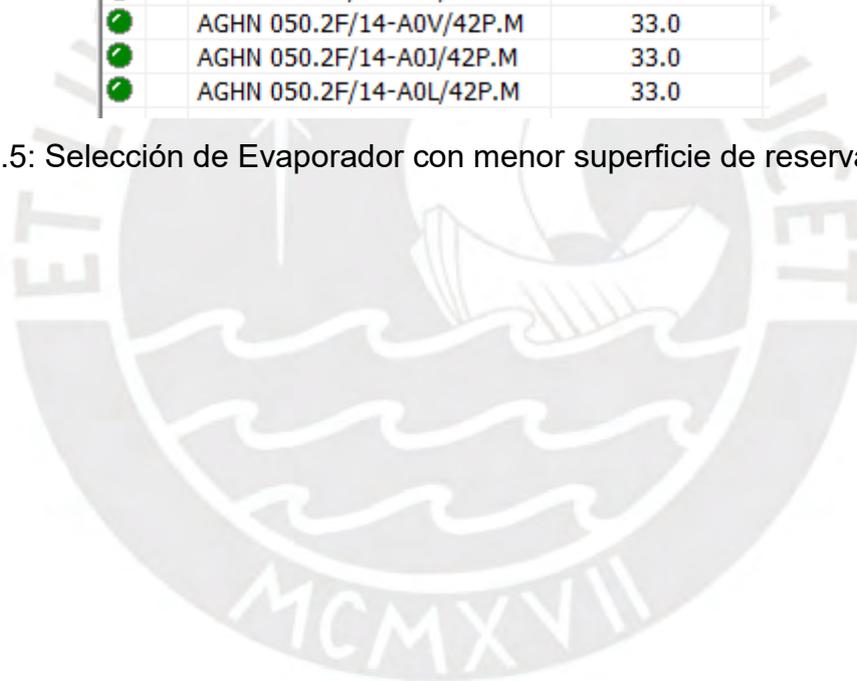
	Código del apar	perficie de reser	uperficie dispo	olumen de tub	rdida de presi	Aire	Revoluciones	Motor tecnolo	dimiento del m	Corriente	odelo básic	Precio total
		[%]	[m²]	[l]	[bar / K]	[m³/h]	[min-1]		cada moto...	[USD]	[USD]	
✓	AGHN 050.2H/1...	-6.3	50.6	21.4	0.18 / 1.20	6850	1390	AC	1/2	1.25	5840.00	5840.00
✓	AGHN 050.2H/1...	-6.3	50.6	21.4	0.18 / 1.20	6850	1300	AC	1/2	2.20	5840.00	5840.00
✓	AGHN 050.2H/1...	-6.3	50.6	21.4	0.18 / 1.20	6850	1300	AC	1/2	1.25	5840.00	5840.00
✓	AGHN 050.2H/1...	-9.7	48.4	21.4	0.18 / 1.20	6800	1300	AC	1/2	1.25	5878.00	5878.00
✓	AGHN 050.2H/1...	-9.7	48.4	21.4	0.18 / 1.20	6800	1390	AC	1/2	1.25	5878.00	5878.00
✓	AGHN 050.2H/1...	-9.7	48.4	21.4	0.18 / 1.20	6800	1300	AC	1/2	2.20	5878.00	5878.00
✓	AGHN 050.2F/1...	1.7	68.6	16.1	0.14 / 0.93	6750	1300	AC	1/2	2.20	5543.00	5543.00
✓	AGHN 050.2F/1...	1.7	68.6	16.1	0.14 / 0.93	6750	1300	AC	1/2	1.25	5543.00	5543.00
✓	AGHN 050.2F/1...	1.7	68.6	16.1	0.14 / 0.93	6750	1390	AC	1/2	1.25	5543.00	5543.00
✓	AGHN 050.2H/1...	9.0	61.9	21.4	0.18 / 1.20	6730	1300	AC	1/2	2.20	5951.00	5951.00
✓	AGHN 050.2E/1...	9.0	84.1	13.1	0.12 / 0.78	6550	1300	AC	1/2	1.25	5024.00	5024.00
✓	AGHN 050.2E/1...	9.0	84.1	13.1	0.12 / 0.78	6550	1390	AC	1/2	1.25	5024.00	5024.00
✓	AGHN 050.2E/1...	9.0	84.1	13.1	0.12 / 0.78	6550	1300	AC	1/2	2.20	5024.00	5024.00
✓	AGHN 050.2F/1...	33.0	100.9	16.1	0.14 / 0.93	6430	1300	AC	1/2	1.25	5939.00	5939.00
✓	AGHN 050.2F/1...	33.0	100.9	16.1	0.14 / 0.93	6430	1390	AC	1/2	1.25	5939.00	5939.00
✓	AGHN 050.2F/1...	33.0	100.9	16.1	0.14 / 0.93	6430	1300	AC	1/2	2.20	5939.00	5939.00
✓	AGHN 045.2H/1...	-2.3	60.4	16.8	0.14 / 0.97	4610	1370	AC	1/3	0.86	5722.00	5722.00
✓	AGHN 045.2H/1...	-2.3	60.4	16.8	0.14 / 0.97	4610	1300	AC	1/3	2.76	5600.00	5600.00
✓	AGHN 045.2H/1...	-2.3	60.4	16.8	0.14 / 0.97	4610	1520	AC	1/2	2.30	5710.00	5710.00
✓	AGHN 045.2H/1...	-5.7	60.4	16.8	0.14 / 0.97	4210	1240	AC	1/4	0.92	5722.00	5722.00

Imagen 1.4: Listado de evaporadores disponibles.

Aciertos: 20

	Código del aparato	superficie de reserva [%]
✓	AGHN 050.2H/112-A0V/56P.M	-9.7
✓	AGHN 050.2H/112-A0J/56P.M	-9.7
✓	AGHN 050.2H/112-A0L/56P.M	-9.7
✓	AGHN 050.2H/1B-A0J/56P.M	-6.3
✓	AGHN 050.2H/1B-A0V/56P.M	-6.3
✓	AGHN 050.2H/1B-A0L/56P.M	-6.3
✓	AGHN 045.2H/17-A0J/48P.M	-5.7
✓	AGHN 045.2H/17-A0X/48P.M	-2.3
✓	AGHN 045.2H/17-A0L/48P.M	-2.3
✓	AGHN 045.2H/17-A0V/48P.M	-2.3
✓	AGHN 050.2F/16-A0J/42P.M	1.7
✓	AGHN 050.2F/16-A0V/42P.M	1.7
✓	AGHN 050.2F/16-A0L/42P.M	1.7
✓	AGHN 050.2E/14-A0V/34P.M	9.0
✓	AGHN 050.2E/14-A0J/34P.M	9.0
✓	AGHN 050.2H/1A-A0V/56P.M	9.0
✓	AGHN 050.2E/14-A0L/34P.M	9.0
✓	AGHN 050.2F/14-A0V/42P.M	33.0
✓	AGHN 050.2F/14-A0J/42P.M	33.0
✓	AGHN 050.2F/14-A0L/42P.M	33.0

Imagen 1.5: Selección de Evaporador con menor superficie de reserva positiva.





Fecha: 2018-11-07
 Solicitud del:
 Proyecto:
 No. de oferta:
 Posición:
 Responsable:

Evaporador inundado AGHN 050.2F/16-A0J/42P.M

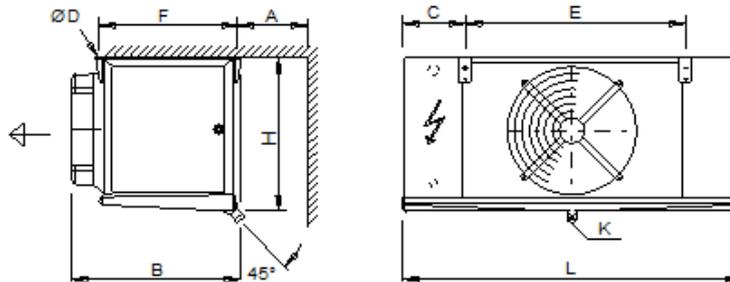
Capacidad:	15.0 kW	Refrigerante:	NH3 (R717)
Superficie de reserva:	1.7 %	Temp. de evaporación:	-3.0 °C
Caudal de aire:	6750 m ³ /h ⁽¹⁾	Tasa de alimentación (bomba)	3.5
Temp. de aire:	5.0 °C ⁽²⁾		
Humedad rel.:	75 %		
Presión atmosf.:	1013 mbar		

Ventiladores:	1 Unidad(es) 3~400V 60HzY/(-)	Diámetro del ventilador:	500 mm
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora a una distancia de:	54 dB(A) 3.0 m
Revoluciones:	1300 min-1 / (-)		
Capacidad:	0.70 kW, 1/2 hp mecánico		
Corriente:	1.25 A	Tro de aire:	aprox. 18 m ⁽³⁾

Caja:	AlMg, Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Aceero inox. AISI 304 ⁽⁴⁾
Superf. de intercambio:	68.6 m ²	Aletas:	Aluminio ⁽⁴⁾
Volumen de tubos:	16.1 l	Entada:	1/2" NPS (21.34 mm)
Paso de aleta:	6.00 mm	Colector de aspiración:	1" NPS (33.40 mm)
Peso vacío:	96 kg ⁽⁵⁾		
Presión de servicio máxima:	32.0 bar		

Dimensiones:

- L = 1470 mm
- B = 835 mm
- H = 760 mm
- E = 1000 mm
- F = 700 mm
- C = 240 mm
- A = 550 mm
- ØD = 14 mm
- K = G1½



Achtung: Skizze und Abmessungen gelten nicht für alle Zubehörsvarianten!

Precio de lista, IVA excluido:	Unidad(es)	Precio unitario	Precio total
Precio unitario	1	5543.00 USD	5543.00 USD
Total (Precio de lista sin IVA, inclusive embalaje)			5543.00 USD

Tipo de entrega:
 Condiciones de pago:
 Plazo de entrega:
 Validez de la oferta:
 ¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

Important remarks / explanatory notes:

- (1) Los valores son válidos 0 Pa de presión externa y pueden diferir de acuerdo a la presión externa real.
- (2) Cámara (valor medio)
- (3) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 0.5m/s en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.
- (4) The unit may not be suitable for very corrosive atmospheres (close to shores, in smokerooms, etc.). For further information see program menu "7", "Material recommendations brochure", or ask your sales partner.
- (5) Peso y dimensiones no aplican para todos los modelos, ya que pueden variar para unidades especiales (S ...)

GPC-AM Customer: 201828-73a/2018-09-Ed. P. 1/2/18 · Unnamed · Página 1 de 1

Imagen 1.6: Data Sheet del Evaporador Seleccionado.

ANEXO 3 – Selección de Condensadores Evaporativos Evapco

En el presente anexo se detallará la forma en que se seleccionan condensadores evaporativos de la marca Evapco.

Para la selección de los equipos antes mencionados se usará como apoyo el catálogo de EVAPCO SEMCO para condensadores evaporativos de la serie SCD-C.

Los datos de entrada requeridos son los siguientes:

- Refrigerante : R-717 (Amoniaco).
- Calor a disipar : 260.4 kW
- Temperatura de Condensación : 35 °C.
- Temperatura de bulbo húmedo : 23 °C.

El primer paso es determinar el factor de corrección de capacidad para el R-717 para temperatura de condensación de +35 °C y temperatura de bulbo húmedo de 23°C; para esto, se usará la tabla 2B del catálogo de condensadores evaporativos EVAPCO – SEMCO. Teniendo como resultado un factor de corrección de 1.21.

B REFRIGERANTE R717 (AMONIA)/REFRIGERANT R717 (AMMONIA)													
Temp. Cond./ Cond. Temp.	TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO (°C) WET BULB TEMPERATURE (°C)												
	(°C)	18	20	22	23	24	25	26	26,5	27	28	29	30
30	1,37	1,59	1,92	2,16	2,47	2,91	3,58	-	-	-	-	-	-
31	1,25	1,43	1,69	1,87	2,10	2,41	2,84	-	-	-	-	-	-
32	1,15	1,30	1,51	1,65	1,82	2,05	2,35	2,65	2,77	3,40	-	-	-
33	1,07	1,19	1,36	1,47	1,61	1,78	2,00	2,17	2,35	2,70	3,52	4,34	-
35	0,93	1,02	1,13	1,21	1,30	1,40	1,53	1,62	1,72	1,90	2,24	2,57	-
37	0,82	0,88	0,97	1,02	1,08	1,15	1,23	1,29	1,35	1,46	1,63	1,81	-
40	0,69	0,73	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,98	1,01	1,07	1,16	1,24	-
43	0,59	0,62	0,66	0,68	0,71	0,73	0,77	0,78	0,80	0,84	0,89	0,94	-
45	0,54	0,56	0,59	0,61	0,63	0,65	0,68	0,69	0,70	0,73	0,77	0,80	-

Tabla 2B: Determinación del factor de corrección.

Con el factor de corrección encontrado se determina la capacidad del condensador evaporativo, teniendo de esa forma:

➤ Capacidad del Condensador Evaporativo : 315 kW.

Con el dato de la capacidad mínima requerida del condensador evaporativo entramos a la tabla I. Teniendo como resultado el modelo SCD-85.

MODELO/ MODEL	REJEIÇÃO DE CALOR/ HEAT REJECTION (kW)	MODELO/ MODEL	REJEIÇÃO DE CALOR/ HEAT REJECTION (kW)
SCD-85	367	SCD-C344	1482
SCD-110	474	SCD-C365	1572
SCD-125	539	SCD-C390	1680
SCD-135	582	SCD-C410	1766
SCD-145	625	SCD-C415	1788
SCD-155	668	SCD-C435	1874
SCD-165	711	SCD-C460	1982
SCD-175	754	SCD-C480	2068
SCD-185	797	SCD-C560	2413
SCD-195	840	SCD-C590	2542
SCD-205	883	SCD-C630	2714
SCD-215	926	SCD-C660	2844
SCD-C200	861	SCD-C688	2964
SCD-C216	931	SCD-C730	3145
SCD-C235	1012	SCD-C780	3361
SCD-C250	1077	SCD-C820	3533
SCD-C280	1206	SCD-C830	3576
SCD-C295	1271	SCD-C870	3748
SCD-C315	1357	SCD-C920	3963
SCD-C330	1422	SCD-C960	4136

Tabla 1: Determinación del modelo del condensador evaporativo.

ANEXO 4 – Dimensionamiento de tubería con CoolSelector2

En el presente anexo se mostrará un ejemplo de cómo usar el software CoolSelector2 de la empresa Danfoss, para el dimensionamiento de tuberías de amoníaco. Para este caso, se dimensionará la troncal de la línea de descarga de un sistema de amoníaco bombeado.

Al iniciar CoolSelector2 requerirá los siguientes datos de entrada:

- Sistema de Refrigeración : Bombeado
- Refrigerante : R-717 (Amoníaco).
- Capacidad de Refrigeración : 50 kW.
- Temperatura de Evaporación : -2 °C.
- Temperatura de Condensación : +35 °C.
- Longitud de tubería : 12 m.
- Tasa de recirculación : 3.00

Una vez ingresado los datos de entrada al software, se obtienen dos dimensionamientos de tuberías. El primero, será basado en la caída de presión y la segunda por la velocidad del refrigerante. Entre ellos dos, tomamos la que contenga el diámetro mayor (ver figura 1.1).

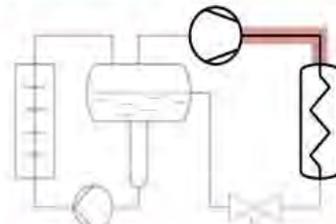
El diámetro de la tubería para este ejemplo es el **DIN EN 25**.

Componente seleccionado: Copiar Cambiar nombre Eliminar Informe de una página: Imprimir Archivo PDF Captura de pantalla: Imprimir Copiar

Informe Tuberías 1 + Nuevo

Sistema: Bomba

Haga clic en el diagrama para seleccionar la línea:
Línea seleccionada: - Línea de descarga



Condiciones de funcionamiento:

Capacidad: 1 Capacidad de refrigeración: 50.00 kW
 Evaporación: 2 Temperatura: -2.0 °C
 Condensación: 3 Temperatura: 35.0 °C
 Adicional: Temperatura de descarga: 114.8 °C
 Flujo másico en la línea: 163.0 kg/h
 Recalentamiento antes del compresor: 0 K
 Subenfriamiento: 2.0 K
 Subenfriamiento adicional: 0 K
 Tasa de circulación: 3.00
 Capacidad de calefacción: 61.26 kW
 DP de la bomba: 2.000 bar

Criterios de selección:

5 Caída de presión: Predeterm bar Tamaño: Conexión: Soldadura a tope acero DIN Caída de temperatura de saturación
 6 Velocidad: 15.00 m/s Tamaño: DIN-EN 20 (3/4") 0.020 K/m

Criterios de selección adicionales:

4 Longitud: 12.00 m
 Ángulo: °

Línea de descarga (Evaporador inundado, circulación por bomba. R717. Tuberías)

Selección: Tubería de acero DIN-EN 20

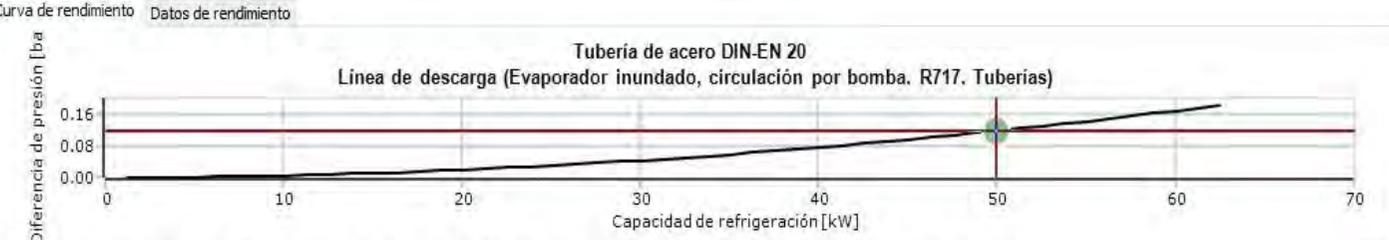
Seleccionado	Tipo	NS	DP [bar]	DT_sat [K]	DP [K/m]	Velocidad, ent. [m/s]	Velocidad, sal. [m/s]	Resultado
<input type="radio"/>	DIN-EN 10	10	2.322	6.4	0.535	48.19	58.29	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 15	15	0.529	1.4	0.116	27.43	28.56	✓
<input checked="" type="radio"/>	DIN-EN 20	20	0.117	0.3	0.025	15.38	15.52	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 25	25	0.033	0.1	0.007	9.42	9.44	✓
<input type="radio"/>	DIN-EN 32	32	0.008	0.0	0.002	5.53	5.53	✓

Familias de productos

- Tubería de acero DIN-EN
- Tubería de acero ANSI
- Codo de acero 45 DIN-EN
- Codo de acero 90 DIN-EN
- Codo de acero 45 ANSI
- Codo de acero 90 ANSI
- Reductor de acero DIN-EN
- Reductor de acero ANSI
- Expansor de acero DIN-EN
- Expansor de acero ANSI

Curva de rendimiento Datos de rendimiento

Tubería de acero DIN-EN 20
 Línea de descarga (Evaporador inundado, circulación por bomba. R717. Tuberías)



Diferencia de presión [ba]

Capacidad de refrigeración [kW]

Capacidad de refrigeración: 50.000 kW Capacidad de calefacción: 61.262 kW Flujo másico en la línea: 163.03 kg/h Caída de presión: 0.1171 bar

Imagen 1.1: Interfaz del programa de dimensionamiento de tuberías CoolSelector2.

ANEXO 5 – Cálculo de Cargas Térmicas Método Analítico

i) Carga por Transmisión de Calor en Paredes, Techo y Piso

Temp. de la cámara 5

		Dimensiones			T° del Ambiente Contiguo (°C)	Transmitancia Térmica (W/m2K)	Área (m2)	Diferencia de Temp.	Carga (W)
		Largo	Ancho	Alto					
POL 100	Techo	53.5	23.2	0	35	0.364	1241.2	30	13553.904
CONCRETO	Piso	53.5	23.2	0	15	2.3	1241.2	10	28547.6
POL 100	Paredes	Este	53.5	0	7	0.364	374.5	30	4089.54
		Oeste	53.5	0	7	0.364	374.5	30	4089.54
		Sur	23.2	0	7	0.364	162.4	30	1773.408
		Norte	23.2	0	7	0.364	162.4	30	1773.408
								En W	53827.4

Carga por Transmisión de Calor Paredes, Piso y Techo (qi) 53.8274 kW

ii) Carga por Producto

Tf 5 C°
 Ti 6.1 C°
 m 180 ton/día
 Cpalta 3.67 kJ/(kg.°C)

$$q_p = m C_{palta} x (t_f - t_i)$$

qp 8.41 kW

iii) Infiltraciones

$$q_i = q D_t D_f (1 - E)$$

$$q = 0.577 W H^{1.5} \left(\frac{Q_s}{A} \right) \left(\frac{1}{R_s} \right)$$

Apertura de Puerta tipo 1 Puerta tipo 2
 Desde La calle La calle
 Hacia Cámara Cámara
 Ancho 2.3 2.3
 Alto 3.1 3.1

Rs 0.55 Tabla 8
 Qs/A 10 Figura 5

q 131.69931 kW

$$D_t = \frac{(P \theta_p + 60 \theta_o)}{3600 \theta_d}$$

#puertas (P) 2 und
 Tiempo de Apertura y Cierre (θp) 8 segundos
 Tiempo de Permanencia Abierta de la puerta (θo) 1 min
 Periodo de tiempo diario considerado 24 horas

Dt 0.00087963

Df 1

E 0.85 Cámaras de Refrigeración

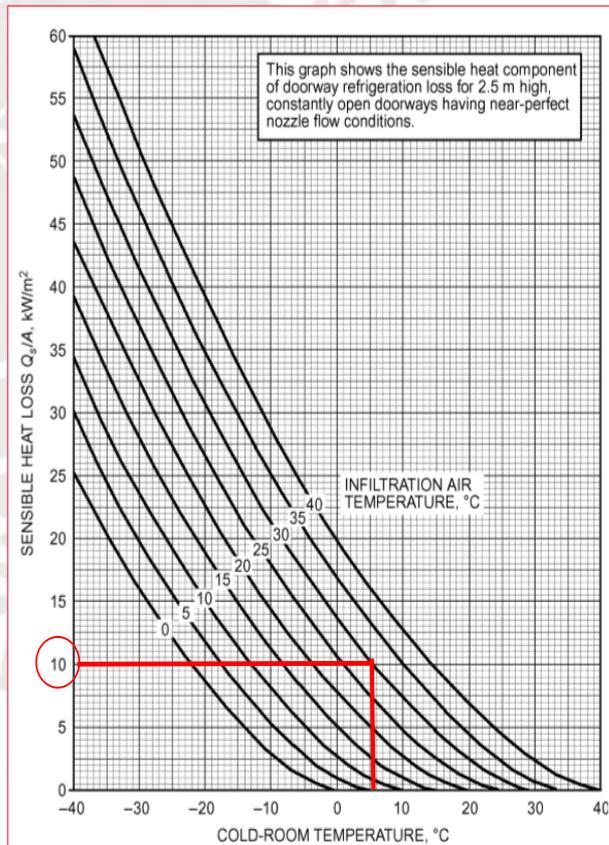


Fig. 5 Sensible Heat Gain by Air Exchange for Continuously Open Door with Fully Established Flow

Table 8 Sensible Heat Ratio R_s for Infiltration from Outdoors to Refrigerated Spaces

Outdoor Cond.			Cold Space at 90% rh Dry-Bulb Temperature, °C									
DB °C	WB °C	rh, %	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15
30	19.7	30	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.73	0.77	0.87	—
	21.8	40	0.71	0.69	0.68	0.66	0.65	0.63	0.63	0.64	0.68	0.83
	23.9	50	0.66	0.64	0.62	0.60	0.59	0.57	0.56	0.55	0.56	0.62
	25.8	60	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.48	0.49
35	19.0	20	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.79	0.84	0.96	—
	21.6	30	0.72	0.71	0.69	0.68	0.67	0.66	0.67	0.68	0.72	0.86
	24.0	40	0.66	0.64	0.63	0.61	0.59	0.58	0.57	0.57	0.58	0.63
	26.3	50	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48	0.50
	28.3	60	0.56	0.54	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42	0.41
40	20.7	20	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.73	0.75	0.82	0.98
	23.6	30	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.60	0.61	0.62	0.68
	26.2	40	0.61	0.59	0.58	0.56	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.52
	28.6	50	0.55	0.54	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.43	0.42	0.42

qt | **0.01737699 kW**

iv) Luces

carga /m2 10.8 W/m2
 Área 1241.2 m2

q luces | **13.40496 kW**

v) Personas

personas 4 personas
 T° cámara 5 °C

$$q_p = 272 - 6t$$

q personas | **0.968 kW**

vi) Montacargas

Montacarga 3 und
 kW per truck 3.7 kW 5HP

q montacargas | **11.1 kW**

vii) Ventiladores

ventiladores 36 und
 kW por venti 776 W

q vent | **27.936 kW**

SUBTOTAL	127.23
FS	12.723
CARGA TOTAL	139.953 kW

ANEXO 6 – Cotizaciones de los Principales Equipos de Refrigeración

1.0. Compresor GEA

		Proyecto de Precios	
Proyecto de Precios			
artículo	descripción	Precio Neto (USD)	
01	Model 55GS #1 R-717 Etapa de alta TSOC 55.9 kW	44.669,83	
02	Start-Up (1 compresor; Max 34 horas incluyendo Travel; 1 Visita del sitio)	4.000,00	
03	carga - EXW GEA York	0,00	
04	Documentos y Dibujos (Incluido Sin Cargo)	0,00	
		total (USD)	48.669,83
Condiciones comerciales			
Precio de venta:	Net en \$ (USD). No incluye impuestos, tasas, permisos y otras funciones.		
Condiciones de pago:	Net 30. La oferta está sujeta a aprobación de crédito por GEA Refrigeración		
Términos de la entrega:	EXW GEA York.		
Tiempo de entrega estimado:	semana (en fábrica) después de la recepción del pedido por escrito. Salvo venta. Por favor, póngase en contacto con nosotros si su situación requiere una entrega más urgente.		
Garantía / garantía:	GEA estándar		
Citar validez:	Nuestra oferta es válida para 30 días desde la fecha de la presente propuesta.		
<i>Esta cita y cualquier pedido realizado se regirá por GEA REFRIGERACION NORTE AMERICA, INC. CONDICIONES GENERALES DE VENTA. Los términos o condiciones diferentes contenidas en la Orden de Compra del Comprador u otro escrito presentado por el Comprador Quedan rechazadas. No hay ventas serán definitivas hasta que se reconozca por escrito por la oficina en casa del vendedor en York, Pennsylvania. Al realizar un pedido Comprador reconoce que GEA REFRIGERACION NORTE AMERICA, INC. CONDICIONES GENERALES DE VENTA son los términos para cualquier compra gobernando.</i>			



2.0. Evaporadores Guntner



Fecha: 2019-07-12
 Solicitud del:
 Proyecto:
 No. de oferta:
 Posición:
 Responsable:

Evaporador inundado AGHN 045.2E/312-A0J/20P.M

Capacidad:	15.0 kW	Refrigerante:	NH3 (R717)
Superficie de reserva:	23.2 %	Temp. de evaporación:	-3.0 °C
Caudal de aire:	15260 m ³ /h ⁽¹⁾	Tasa de alimentación (bomba):	3.5
Velocidad del aire:	2.7 m/s		
Condensado:	5.25 kg/h		
Temp. de aire:	5.0 °C ⁽²⁾		
Humedad rel.:	75 %		
Presión atmosf.:	1013 mbar		
Coef. transf. de calor:	34.41 W/(m ² K)	Caudal de masa:	149 kg/h
Ventiladores:	3 Unidad(es) 3~400V 60HzY/(-)	Diámetro del ventilador:	450 mm
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	60 dB(A)
Revoluciones:	1240 min-1 / (-)	a una distancia de:	3.0 m
Capacidad:	0.53 kW, 1/4 hp mecánico		
Corriente:	0.92 A	Tiro de aire:	aprox. 42 m ⁽³⁾
Caja:	AlMg. Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Acero inox. AISI 304 ⁽⁴⁾
Superf. de intercambio:	69.3 m ²	Aletas:	Aluminio ⁽⁴⁾
Diámetro de distribuidor:	1" NPS (33.40 mm)	Colector:	1" NPS (33.40 mm)
Volumen de tubos:	28.2 l	Entrada:	1/2" NPS (21.34 mm)
Paso de aleta:	12.00 mm	Colector de aspiración:	1" NPS (33.40 mm)
Peso vacío:	160 kg ⁽⁵⁾		
Presión de servicio máxima:	32.0 bar		
Dimensiones: ⁽⁵⁾			
Longitud del aparato:	3240 mm	Circuitos:	1N
Ancho del aparato:	660 mm	Distribuciones:	3
Altura del aparato:	650 mm ⁽⁵⁾	Area de paso:	1.6 m ²
Número de soportes:	8		

Precio de lista, IVA excluido:	Unidad(es)	Precio unitario	Precio total
Precio unitario	1	9739.00 USD	9739.00 USD
Accesorios			237.00 USD
Precio total (precio de lista, IVA excluido)			9976.00 USD
Descuento:		50.0 %	4988.00 USD
Total neto (inclusive embalaje)			4988.00 USD

Tipo de entrega:

Condiciones de pago:

Plazo de entrega:

Validez de la oferta:

¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

3.0. Bomba de Amoniaco Hermetic



HERMETIC-Pumpen GmbH · Postfach 1220 · D-79191 Gundelfingen

ENERGROUP SA
 Av. Republica de Pánama 5963
 0000 MIRAFLORES, LIMA
 PERU

Order confirmation

Number : 4110017490
 Date : 05/23/2013
 Customer No.: 20006327
 contact-phone: Alexei Khazanov-321
 VAT-Id.-No.: DE 142212033
 Customs-No.:DE 2642131
Delivery date: 06/07/2013

Your ref. : 01130014
 Date : 04/22/2013 Your Sign : Federico Málaga Luyo -

We thank you for your order, which will be processed according to our conditions:

Terms of payment: See text
 Terms of delivery : EXW Gundelfingen, incl. packing
 Method of dispatch: Seafreight - forw. SDV Geis

 Terms of payment: Down payment invoice in the amount of 30% already paid
 Final invoice in the amount of 70%, payable at Readiness for dispatch

Contact Engineering: Mr. Khazanov, Phone: +49 761/5830-321 /MB
 Order Confirmation and Proforma invoice by eMail to info@energrou.com.pe

Item	Qty unit	Material / Description	Price EUR per unit	Value EUR
0011	2.0 PC	25B04 / CAM 2/3, AGX3.0 Dimensions : 4021/K-A82 (BC) Material : JS 1025 (GGG-40.3) Drawing no : - IX Tariff-No. : 84137075 incl. 2 set of counter flanges DN 40/32, material 1.0460 2 qmin-orifice 2 qmax-orifice 2 set of counter flanges DN 20, material 1.0460 2 set of counter flanges DN 32, material 1.0460 2 baseplate mat.1.0037 acc. to our "Technical specification" Equipment no.: (4110017490/011-01, 4110017490/011-02)	2,918.12	5,836.24

4.0. Paneles Frigoríficos

SANTIAGO, enero 17 de 2014
OF-CH- 18305/13



Danica Termo Industrial Chile S.A.

Avda. La Moravia 59
Colina - Santiago-Chile

Fone: +56 2 784 6400
Fak: +56 2 784 6401
E-mail: ventas@danica.cl

Señores

ENERGROUP S.A.
PRESENTE.-

AT. : Sr. Max Calizaya

Ref. : " Paneles"

Estimados señores:

De acuerdo a los antecedentes proporcionados, por medio de la presente, tenemos a bien en incluirles nuestra oferta para su evaluación, según el siguiente detalle.

Alcance del Suministro (Paneles ambas caras Acero color blanco RAL 9003 0,5 mm)

- 3.764,36 m² Paneles FRIGOPOL, ancho útil 1.150 x 100 mm. ACERO/ACERO
- 701,05 m² Paneles TERMOROOF, ancho útil 1.130 x 150 mm. ACERO/ACERO
- 142,61 m² Paneles TERMOROOF, ancho útil 1.130 x 100 mm. ACERO/ACERO
- 402,75 m² Paneles FRIGOPIR, ancho útil 1.149 x 150 mm. ACERO/ACERO

Resumen General de Precios

Descripción	Esp	m ² /Un.	Valor Unit.	Valor Total
Paneles FRIGOPOL - ACERO / ACERO	100	3764,36 m ²	US\$ 23,04	US\$ 86.730,85
Paneles TERMOROOF - ACERO / ACERO	150	701,05 m ²	US\$ 28,40	US\$ 19.909,82
Paneles TERMOROOF - ACERO / ACERO	100	142,61 m ²	US\$ 24,12	US\$ 3.439,75
Paneles FRIGOPIR - ACERO / ACERO	150	402,75 m ²	US\$ 50,65	US\$ 20.399,29
VALOR EX WORKS - SANTIAGO CHILE		US\$		130.479,72

CONDICIONES COMERCIALES

Formas de Pago	:	100% Transferencia Bancaria: 50% anticipo con la orden de compra 50% previo al embarque ó Carta de Crédito confirmada e irrevocable
Plazos de entrega	:	A convenir
Lugar de entrega	:	Planta DANICA – Colina / Santiago
Validez de la oferta	:	15 días

5.0. Paneles Frigoríficos



**QUALITY
DOORS**

frigoríficas · rápidas · interior
cold rooms · rapid · indoor
frigorifiques · rapides · intérieur
Kühlraum · schnellauf · betriebsraum



AVDA. 28 DE JULIO, Nº 250 - MIRAFLORES - LIMA - PERÚ | osanchez@infracalataam.com | Celular: +51 945570 604 | www.infracalataam.com

RUC: 20550047731

PÁG. 1 de 4

COTIZACIÓN

FO.03.03.02

PRESUPUESTO N°
2014 - 671

FECHA
16/06/2014

REFERENCIA PRESUPUESTO

CLIENTE
55 ENERGROUP S.A

PRESUPUESTO SOLICITADO POR:
ENERGROUP S.A

A/A: DENNIS MUÑOZ

N.I.F.
20509905917

TELÉFONO
2437559

FAX
2432973

MÓVIL

TELÉFONO
2437559

FAX
2432973

COD.ART	DESCRIPCIÓN	UNID	PRECIO	%DTC	TOTAL
CF1WS01	<p>PUERTA CORREDERA IF +0°C 2500L * 5300H (MEDIDAS LUZ) Acabado banda color/banda color, bastidor de aluminio (anodizado 20 micras) Marco para panel (Lacado blanco) de 150 mm, con contramarco aluminio lacado blanco , con paso carretilla Apertura a derechas Hoja: espesor 100 mm inyectada con PUR (40-45 kgs/m³), burletes dobles coextrusionados de EPDM muy flexibles para asegurar la estanqueidad. Marco en forma de L con doble rotura de puente térmico. Guía y manetas: diseño INFRACA en acero inoxidable y aluminio anodizado, fosforescente en la parte interior. Tornillería inoxidable. Marcado CE según UNE-EN 13241-1.</p>	3,00	5.439,86		16.319,58
RA001	<p>PUERTA RAPIDA APILABLE 2500L * 5500H (MEDIDAS LUZ) Lona en PVC con nylon entretelado de 950 g/m², ignifugo clase M2, color azul motor mano derecha, con cuadro TS970 (trifásico 3x380 VAC+N+PE campo magentico 2 lazos</p> <p>Puerta para interior y exterior. Lona: Con 2 hileras de ventanos, refuerzos en acero y cintas de nylon. Dintel y guías: aluminio (anodizado 20µ) con cepillos. Eje, consola y tornillería en acero inoxidable. Motor: de alto rendimiento con encoder absoluto. Cuadro fácilmente configurable. Fotocélula emisor/receptor y banda de seguridad inalámbrica. Velocidad apertura 0,6 m/s. Conexión trifásica 3x380. Puerta preinstalada. Resistencia al viento clase 3. Marcado CE, UNE-EN 13241-1.</p>	1,00	6.710,25		6.710,25

COD.ART	DESCRIPCIÓN	UNID	PRECIO	%DTC	TOTAL
LF03	<p>CORTINA LAMAS 200X3 MM PVC FLEXIBLE TRANSPARENTE 2100L * 4600H (MEDIDAS LUZ) Fijación (exterior-pared)</p> <p>Cortina apta para temperaturas negativas. Solape entre lamas de 50-60 mm para evitar la entrada de suciedad. Tubo, separadores y grapas de fijación en acero inoxidable desmontables individualmente. Gran facilidad de instalación y cambio de lamas. Complementos y tornillería en acero inoxidable. Marco opcional. Certificado para uso alimentario.</p>	5,00	583,90		2.919,50
VARIOS	<p>ABRIGOS HINCHABLES DE 3048MM * 3048MM</p> <p>Estructura de acero galvanizado revestida de PVC. RF flexible negro con tratamiento contra los rayos UV. Remates laterales y superiores de aluminio. Dos partes hinchables laterales y una parte hinchable superior. Confeccionado con tejidos tratados para proporcionar flexibilidad y resistenci extrema a la punción, a la abrasión y a los desgarros. Color negro. Motor: ventilador 1x230 V/60 Hz 0.55 Kw. Para un hueco de luz pta.: ancho 3048*3048</p>	1,00	3.750,00		3.750,00

ANEXO 7 – Cálculo del Espesor del Panel Aislante

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$\dot{q} = \frac{Q}{A} = U \times \Delta T$$

$$\frac{1}{U} = \frac{e}{\lambda}$$

$$\dot{q} = \left(\frac{\lambda}{e}\right) \times \Delta T$$

$$e = \frac{\lambda \times \Delta T}{\dot{q}}$$

En donde:

λ : Conductividad Térmica del Aislante $\left[\frac{W}{m^{\circ}C}\right]$

\dot{q} : Flujo de calor $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

ΔT : Variación de temperatura $[^{\circ}C]$

e : Espesor del aislante $[mm]$

$\lambda \left[\frac{W}{m^{\circ}C}\right]$	0.036 $\left[\frac{W}{m^{\circ}C}\right]$
$\dot{q} \left[\frac{W}{m^2}\right]$	8 $\left[\frac{W}{m^2}\right]$
$\Delta T [^{\circ}C]$	$T_f = 26^{\circ}C$; $T_o = 5^{\circ}C \rightarrow \Delta T = 21^{\circ}C$
$e [mm]$	94.5mm \approx 100mm.