

T
621.567.
VIVC



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Cálculo del Sistema de Refrigeración para un Buque pesquero
Multipropósito"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

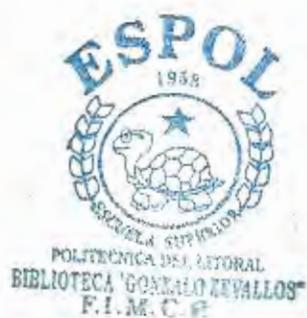
Presentada por:

Manuel Eduardo Vivas Béjar

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2003





AGRADECIMIENTO

A Dios Padre Todopoderoso,
a mis padres, esposa, hijos y
a todas las personas que de
uno u otro modo colaboraron
en la realización de este
trabajo, y en especial al Ing.
Ángel Vargas Director de
Tesis, por su invaluable
estímulo y ayuda.

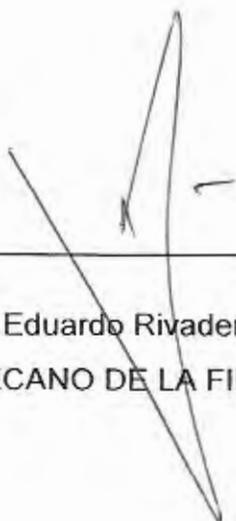
DEDICATORIA

A DIOS

A MI ESPOSA E HIJOS

A MIS PADRES

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP



Ing. Ángel Vargas Z.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Manuel Eduardo Vivas Béjar

RESUMEN

La presente Tesis de Grado desarrolla el Cálculo de un Sistema de Refrigeración, en un buque pesquero que se dedicaba a la pesca de sardina para la obtención de harina de pescado y se lo transformó en un buque pesquero dedicado a la pesca de diversos cardúmenes, para transportarlos en estado de conservación o de congelamiento.

Inicialmente se hace un planteamiento general de cómo opera un buque pesquero, la calidad o tipo de pesca a seleccionarse y su inmediato almacenamiento en las bodegas o cubas ya refrigeradas. Conociendo éstos parámetros se determinó las adecuaciones que debían realizarse en las Cubas y mamparos estructurales del buque, además del recorrido de las tuberías del Sistema de Refrigeración y Sistema de circulación de la Salmuera a través del buque.

En el segundo capítulo, se detallan los factores válidos para el desarrollo del Cálculo del espesor económico del aislamiento térmico de las cubas y la Potencia Frigorífica que necesita el Sistema.

Los capítulos 3 y 4 detallan la manera en que se procedió para la Selección del Sistema de Refrigeración, los refrigerantes usados, las Temperaturas de Evaporación y Condensación para el Trazado del Ciclo Termodinámico, el Cálculo de la Potencia del Compresor y Potencia Calorífica del Condensador; además de la selección de los controles y dispositivos anexos necesarios para que el Sistema de Refrigeración funcione correctamente.

Posteriormente, en las Conclusiones y Recomendaciones, se hace mención la diferencia existente entre el Sistema de Refrigeración teórico obtenido con el Sistema de Refrigeración instalado; posibles repercusiones durante la faena de pesca y qué tan conveniente es colocar combustible en las cubas o bodegas de pescado como estrategia para aumentar la autonomía del buque.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	3
1.1. Descripción General del Buque Pesquero.....	3
1.2. Tipo de pesca seleccionada.....	5
1.3. Características Generales de las Cubas de pesca.....	6



CAPÍTULO 2

2. CÁLCULO DE LA CARGA TERMICA.....	12
2.1. Cargas Térmicas Internas.....	12
2.2. Cargas Térmicas Externas.....	13
2.2.1. Cálculo de las Cargas Térmicas por mamparos, tapas, casco y Fondo.....	14
2.2.2. Cargas Térmicas por Bombas de Salmuera.....	21
2.2.3. Selección y Cálculo del Espesor Económico del Aislamiento de las cubas.....	22
2.3. Cargas Térmicas Totales.....	26

CAPÍTULO 3

3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y TRAZADO DEL CICLO TERMODINÁMICO.....	34
3.1. Sistemas de Refrigeración Existentes.....	34
3.1.1. Clasificación de los Sistemas.....	34
3.1.2. Selección del Sistema de Refrigeración.....	39
3.2. Selección de Refrigerantes.....	40
3.2.1. Selección del Refrigerante Primario.....	41

3.2.2. Selección del Refrigerante Secundario.....	42
3.2.3. Determinación de las Temperaturas de Evaporación y Condensación para el trazado del Ciclo Termodinámico.....	45
3.3. Cálculo de los Parámetros Principales del Ciclo.....	47
3.3.1. Cálculo del Caudal Másico.....	48
3.3.2. Cálculo del Caudal Volumétrico.....	49
3.3.3. Cálculo de la Potencia del Compresor.....	49
3.3.4. Cálculo de la Potencia Calorífica del Condensador.....	50

CAPÍTULO 4

4. SELECCIÓN Y CÁLCULO DE CONTROLES, DISPOSITIVOS ANEXOS Y TUBERÍAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

4.1. Controles.....	52
4.2. Dispositivos Anexos.....	64
4.3. Cálculo de Tuberías de Succión, Descarga y de Líquido.....	71

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA



ABREVIATURAS

RSW	Agua de Mar Refrigerada (Siglas en Inglés)
dm³ / seg	Decímetro cúbico por Segundo
°F	Grados Fahrenheit
Kcal	Kilocaloría
Hr	Hora
m²	Metro cuadrado
°C	Grado centígrado
Kg / m³	Kilogramo por Metro Cúbico
m	Metro
Kcal / Kg-°C	Kilocaloría por Kilogramo grado Centígrado
Kca l/ Kg	Kilocaloría por Kilogramo
Kca l/ Hr-m²-°C	Kilocaloría por Hora por Metro cuadrado grado Centígrado
Kcal-m / Hr-m²-°C	Kilocaloría metro por Hora metro cuadrado por grado Centígrado
Kg / Hr	Kilogramo por Hora
m³ / Hr	Metro cúbico por Hora
HP	Caballos de Potencia (Siglas en Inglés)
Kcal / Hr	Kilocaloría por Hora
mm	Milímetro
Kg / cm²	Kilogramo por Centímetro cuadrado
PCABP	Presostato combinado de alta y baja presión
O. D.	Diámetro Externo (Siglas en Inglés)
m / seg	Metro por Segundo
m³ / Kg	Metro cúbico por Kilogramo
m / Hr	Metro por Hora

SIMBOLOGÍA

$Q_{\mu 1}$	Carga Térmica Interna debido al enfriamiento del Producto
$Q_{\mu 2}$	Cargas Térmicas Interna considerando el Enfriamiento, Congelación y Sobre enfriamiento del Producto.
$Q_{\mu 21}$	Carga Térmica en la etapa de Enfriamiento del producto
$Q_{\mu 22}$	Carga Térmica en la etapa de Congelamiento del producto a la temperatura de Congelamiento (Calor Latente).
$Q_{\mu 23}$	Carga Térmica en la etapa de Congelación desde la temperatura de Congelación hasta la temperatura final de almacenamiento del Producto.
$Q_{\mu 3}$	Carga Térmica en la etapa de respiración del Producto.
Q_{p1}	Carga Térmica Externa debido a la Transferencia de Calor a través de los mamparos, casco y cubiertas.
Q_{p2}	Carga Térmica Externa debido al enfriamiento y secado del aire de renovación.
Q_{p3}	Carga Térmica Externa debido al uso de las Bombas de Circulación de Agua.
Q_{p4}	Carga Térmica Externa debido a la Circulación y Manipuleo del producto por parte del Personal.

Qp5	Carga Térmica Externa debido a cargas generadas por el alumbrado en el sitio de almacenaje del producto.
Qp6	Carga Térmica Externa debido al uso de equipos y accesorios para desescarchado de evaporadores.
K	Coefficiente Global de Transferencia de Calor
S	Superficie de Transferencia del Calor
ΔT	Diferencial de Temperatura entre ambos lados de las superficies.
hi	Coefficiente Superficial de Transferencia por Convección en superficies desde el lado interior.
he	Coefficiente Superficial de Transferencia por Convección en superficies desde el lado exterior.
e	Espesor de los mamparos.
λ	Coefficiente de Conductividad de los diferentes materiales que forman una pared.
Qt	Cargas Térmicas Totales
tc	Temperatura de Congelación de Producto
P	Peso del Producto
Ce	Calor específico del Producto antes de la congelación
ti	Temperatura de Introducción del Producto
Lc	Calor Latente (respiración) del Producto

C'	Calor específico después del congelamiento del producto.
t_f	Temperatura Final de Almacenamiento del Producto en la Cuba.
m^o	Caudal Másico del refrigerante que circula por el evaporador.
V	Velocidad de Circulación del refrigerante
A	Sección de una tubería
ρ	Densidad específica del refrigerante

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Esquema Constructivo de los Mamparos de las Cubas.....7
Figura 2.0	Esquema de Disposición de las Cubas16
Figura 2.1	Detalle Constructivo de las Tapas de las Cubas.....18
Figura 2.2	Esquema de Construcción de una Junta de Anclaje.....19
Figura 3.1	Esquema de Sistemas de Refrigeración35
Figura 3.2	Diagrama Cloruro Sódico (Congelación vs. %Solución).....46
Figura 3.3	Fases del Cloruro Sódico.....46
Figura 3.4	Ciclo Termodinámico Estándar.....47
Figura 4.0	Esquema de un Circuito Refrigerante.....52
Figura 4.1	Vistas de un Evaporador Multitubular Horizontal.....55
Figura 4.2	Válvula Manual de Expansión de Aguja.....56
Figura 4.3	Válvulas de Flotador.....57
Figura 4.4	Interruptor de Flotador58
Figura 4.5	Elementos apropiados para instalación de un Interruptor de flotador.....59
Figura 4.6	Válvula Solenoide o electromagnética.....60
Figura 4.7	Válvula de retención.....61
Figura 4.8	Esquema de un Termostato de Bulbo con interruptor magnético.....62
Figura 4.9	Termostato de interruptor articulado.....62
Figura 4.10	Esquema de un Presostato Combinado de Alta y Baja Presión (PCABP)64
Figura 4.11	Separador de Aceite.....65
Figura 4.12	Separador de Aceite para Amoníaco66
Figura 4.13	Botella de Líquido67
Figura 4.14	Deshidratador del tipo Regenerable.....68
Figura 4.15	Visor de Líquido.....69
Figura 4.16	Filtro tipo Colador (Strainer).....70

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Clasificación de los pescados de acuerdo al contenido de Grasa..... 11
Tabla 2	Superficies de Transferencia de Calor por los Mamparos.....29
Tabla 3	Diferenciales de Temperatura según condiciones de trabajo..30
Tabla 4	Relación ΔT vs. Coeficiente K.....24
Tabla 5	Coeficientes de Conductividad y Convección de materiales....31
Tabla 6	Cargas Térmicas Externas por Mamparos, Tapas, Casco y Fondo32
Tabla 7	Determinación de las Cargas Térmicas Totales.....33
Tabla 8	Soluciones de Sal común (Cloruro de Sodio).....51
Tabla 9	Diámetros de las Tuberías del Circuito Refrigerante.....74
Tabla 10	Determinación de las Cargas Térmicas Totales a Temperatura Combinadas.....80

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 Representación grafica de la distribución de las Cubas en el Costado de Estribor.
- Anexo 1.1 Grafica de la Cuba # 2
- Anexo 1.2 Grafica de la Cuba # 4
- Anexo 1.3 Grafica de la Cuba # 6
- Anexo 2 Diagrama esquemático del Circuito de Salmuera
- Anexo 3. Representación del Ciclo Estándar de Refrigeración en el Diagrama de Mollier para refrigerante Amoniaco.
- Anexo 3.1 Tablas del Refrigerante Amoniaco
- Anexo 4 Curva de rendimiento volumétrico vs. Relación de compresión
- Anexo 5.1 Circuito de refrigeración de dos compresores
- Anexo 5.2 Sistema de enfriamiento del condensador



Las consideraciones tomadas para la obtención de la Carga Térmica respecto a las Pérdidas por Transmisión a través de las uniones entre plancha - plancha, Cargas térmicas Internas y Externas, la determinación del espesor económico del aislamiento entre las paredes, la selección de los tipos de refrigerantes, el trazado teórico del Ciclo Termodinámico y el Cálculo de los Parámetros Principales del Ciclo son descritos en ésta Tesis.

Se agrega la selección de los Controles, Dispositivos Anexos, determinación de los Diámetros de las Tuberías para el circuito del refrigerante primario, y se finaliza con las Conclusiones y Recomendaciones .

La aplicación de medios gráficos (tablas y figuras) servirán para agilizar la comprensión de ésta Tesis de Grado y el Sistema de unidades empleado en los cálculos es el Sistema Internacional de Medidas (S. I.).



CAPÍTULO 1

1. DESARROLLO DEL PROYECTO

1.1. Descripción General del Buque Pesquero.

La presencia por mucho tiempo de cardúmenes en sitios muy cercanos a las costas, propició la proliferación de embarcaciones pesqueras con poca autonomía de navegación, escasa o ninguna tecnología en equipos de detección para la pesca, y sin ningún tipo de equipo de refrigeración a bordo. Esto limitaba las operaciones de pesca a captura de especies de bajo valor comercial, considerando además que la falta de un sistema de conservación para la pesca, ésta, al estropearse, simplemente queda destinada en su gran mayoría a la fabricación de harina y conservas de calidades inferiores.

La presencia muy lejana de la costa, de las especies marinas comercialmente rentables, obliga a la utilización de embarcaciones que cumplan ciertos requerimientos para la pesca en alta mar. La

abundancia de la pesca, la variedad de peces a capturarse y la distancia a los nuevos puertos de abastecimiento, son algunos de los factores que influyen en el diseño del buque pesquero multipropósito, que ya no es un buque dedicado única y exclusivamente a un tipo de especie, sino que se dedica a la captura de especies variadas.

Estas y otras variables, llevaron al dueño o armador de la embarcación B/P "INDICO" a tomar la decisión de realizar los trabajos necesarios para transformarlo en un buque pesquero multipropósito y, dependiendo de la temporada de pesca, dedicarse a la captura variada, y transportarla en un buen ambiente de conservación, a una temperatura adecuada, durante el tiempo que dure la travesía.

La distribución de las cubas de almacenamiento dependerá del diseño propio de los barcos pesqueros aunque, por lo general, llevan entre 4 y 12 tanques debidamente aislados; con capacidades entre 1.5 a 42 m³ (Ref. 1).

Ref.1 Instalaciones Frigoríficas para Buques Pesqueros, Ing. Ángel Vargas Zúñiga, Primera Edición, 1979

Los equipos de navegación, redes de pesca, botes de apoyo (Speed Boat), la embarcación para hacer la maniobra de cierre de la red (cerco) conocida como Panga, distribuidora y secadora del pescado, Winche Principal, así como los winches de la pluma, bombas de pescado, anillas y otros implementos de pesca son seleccionados dependiendo del tipo de pesca.

La presente Tesis de Grado desarrolla el Cálculo del Sistema de Refrigeración Indirecta con SALMUERA (disolución de agua de mar con Cloruro de Sodio – Na Cl) como refrigerante secundario, utilizándola en las Cubas de pescado como un medio de congelación.

1.2. Tipo de Pesca Seleccionada.

Por tratarse de un buque pesquero multipropósito, es decir, puede realizar operaciones de pesca de sardinas como atún, para harina de pescado y/o pesca congelada; éste debe estar en capacidad de congelar, tratar y almacenar todo tipo de pescados, sea éste Magro o sea Graso. (Ver Tabla 1 al final del Capítulo).

"Para llegar a la congelación se necesita la transferencia de calor por conducción, convección y/o radiación en diferentes fases que consisten básicamente en:

- Evacuación de un calor sensible desde la temperatura inicial del producto hasta la temperatura de congelación.
- Evacuación de su calor latente con el consiguiente cambio de estado (transformando el agua contenida en el pescado, en hielo).
- Evacuación de su calor sensible de subenfriamiento desde su punto de congelación hasta su temperatura final." (Ref. 2)

1.3. Características Generales de las Cubas* de Pesca.

Los tanques de almacenamiento o cubas de pesca deben ser los apropiados para conseguir la menor pérdida de temperatura posible y conseguir que mantenga la congelación del producto almacenado.

Para el caso del B/P INDICO, el material de las cubas es de acero naval de 6mm de espesor como capa interior recubierta con anticorrosivo epóxico y como acabado dos capas de pintura bituminosa no tóxica, un espesor de aislamiento térmico de poliuretano inyectado y expandido de

Ref. 2. Curso de Refrigeración – Ing. Ángel Vargas Zúñiga, ESPOL, 1974.

* La cuba es un termino adoptado y utilizado en la jerga por pescadores españoles y latinoamericanos refiriéndose al tanque donde se almacena el pescado luego de su captura.

127 mm y el casco de acero naval de 8 y 10 mm de espesor (Ver figura 1.1). La conexión entre el casco y el forro de las cubas es mediante placas o ángulos de acero naval de 6 mm y se los considerará como puente térmico para la pérdida de calor por conducción.

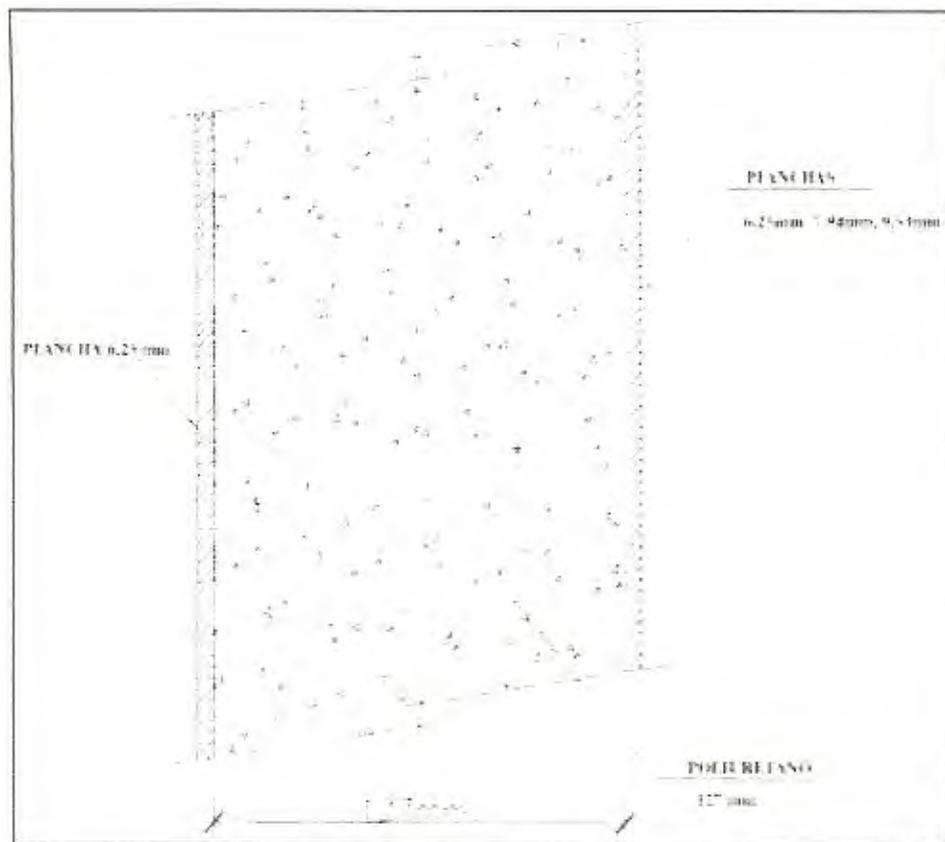


FIGURA 1.1 Esquema Constructivo de los Mamparos de las Cubas



La circulación del agua se la consigue mediante la utilización de bombas centrífugas instaladas bajo el nivel de las cubas y, se considera la capacidad de cada bomba de 25 dm^3 /segundo por cada 100 Toneladas de pescado.

Posee dos sistemas de circulación, uno que lo hace el sistema de llenado y riego por "lluvia" a través de tuberías de PVC de 127mm de diámetro dentro de las cubas; y el otro mediante la circulación del agua desde el fondo al tope de la cuba, de igual manera a través de tuberías de PVC de 127mm dentro de las cubas. La selección de cual sistema usar dependerá del tipo de pesca que consiga.

En ambos casos, la toma del agua de mar se la hace mediante una "toma de fondo" en el casco del buque y bajo el nivel de la línea de flotación; mientras que para expulsar el agua de las cubas se invierte el sistema y mediante la ayuda de llaves de cierre rápido tipo mariposa, instaladas con el tendido de tuberías, el agua dentro de las cubas se absorbe de las tomas de agua (en el punto más bajo de las cubas) y las extrae por tubería a una salida al mar en un punto alto del casco sobre la línea de flotación y bajo la cubierta principal.

-
- $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ litro}$

Se ha dividido el buque en seis (6) cubas, tres (3) por lado y en el centro, a manera de túnel y sobre la misma línea del eje de propulsión, se dejó espacio para colocar los equipos de refrigeración, tuberías y bombas de circulación de agua, válvulas, y otros. (Ver Anexos 2, 5.1 y 5.2)

El procedimiento usual para cargar de pescado a la(s) cuba(s) es introducir el pescado, que bajan desde la cubierta por las escotillas de acceso, después que el (los) tanque(s) se encuentra(n) parcialmente lleno(s) con la apropiada cantidad de agua de mar y ésta agua se encuentra ya refrigerada hasta -1.5°C . El agua refrigerada se mantiene en constante circulación para mantener su temperatura constante.

Generalmente se tiene siempre un tanque en reserva para tener allí almacenada agua de mar a -2.2°C (28°F) y poder transferir a los tanques en que se haya drenado agua de mar vieja y contaminada, en el proceso de limpieza.

Para empezar el período de congelación, las cubas deben vaciarse completamente por acción de las bombas, e inmediatamente ser llenadas otra vez con agua de mar, vertiéndose en cada cuba, la

cantidad de sal de Cloruro Sódico necesaria para producir Salmuera con baja temperatura Eutéctica.

Una vez alcanzada la temperatura de almacenamiento deseada, se evacua la salmuera y se deja el pescado en seco, existiendo entonces una transferencia de calor por convección natural del aire (la cuba tapada) que se encuentra al interior de la cuba y el pescado hasta que termine la travesía.

Los tanques deber ser limpiados cuidadosamente después de haber llegado a puerto y descargado los productos del mar capturados en la travesía.

La limpieza de los tanques debe hacerse mar afuera con agua de mar limpia, y cepillos para eliminar cualquier material adherido.

En el circuito de bombas y tubería debe circularse agua caliente para limpiarlas también.

TABLA 1

CLASIFICACIÓN DE LOS PECES SEGUN EL CONTENIDO DE GRASA¹

GRASOS O AZULES	* CABALLA, SALMON, ARENQUE, BONITO, SARDINAS, ANGUILA, ATUN, BOQUERON, PALOMETA, CHICHARRO, PEZ ESPADA
MAGROS O BLANCOS	* BACALAO, PESCADILLA, LUCIO, RAYA, RAPE, LENGUADO, MERLUZA

¹ Información sacada de artículo "PESCADOS Y MARISCOS" en el Internet [WWW.alceingenieria.net/nutricion/manual/NUTRICIONPescados y mariscos.htm](http://WWW.alceingenieria.net/nutricion/manual/NUTRICIONPescados%20y%20mariscos.htm)

CAPÍTULO 2

2. CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA

2.1. Cargas Térmicas Internas.

Son aquellos elementos constitutivos que influyen directamente para la determinación de la Carga de Enfriamiento, se refiere a la Cantidad de Frigorías* necesarias para la refrigeración de los productos y son:

- a) Frigorías necesarias para el **Enfriamiento de los productos** y eventualmente de sus embalajes; y se lo representará como **Qu1**.
- b) Frigorías necesarias para el **Enfriamiento, Congelación y Sobreenfriamiento de los productos** y eventualmente de los embalajes, representado como **Qu2**.
- c) Frigorías necesarias para la Absorción eventual del calor desprendido por los productos almacenados (Calor de respiración), representado como **Qu3**.

* **Frigoría** .- Esta nomenclatura se la emplea en el campo de las bajas temperaturas cuyo valor es equivalente al de la Kilocaloría.

2.2. Cargas Térmicas Externas.

Son aquellos elementos constitutivos que influyen directamente para la determinación de la Carga de Enfriamiento, y se refiere a aquellas cargas térmicas que debe compensar el sistema de refrigeración de acuerdo a las condiciones de operación, montaje e instalación y son:

- a) Carga térmica a causa de la **Transferencia de Calor a través de los mamparos, pisos y cubiertas** de las cámaras frigoríficas, y se lo representará como **Qp1**.
- b) Carga térmica por el **Enfriamiento y Secado del aire de Renovación** de las cámaras frigoríficas, representado como **Qp2**.
- c) Carga térmica a causa del **Calor generado por los motores de ventilación** en el caso de las cámaras frigoríficas, o de las **Bombas de Circulación** de líquido in-congelable o salmuera, representado por **Qp3**.
- d) Carga térmica debido a la circulación y manipuleo del Personal, en el caso de las cámaras frigoríficas, representado como **Qp4**.
- e) Carga térmica originado por la **iluminación o alumbrado** de las cámaras, representado como **Qp5**.
- f) Compensaciones a las cargas térmicas de accesorios necesarios para el desescarchado de los evaporadores, de la abertura de puertas, etc. Y se los representa como **Qp6**.

2.2.1. Cálculo de las Cargas Térmicas por Mamparos, Tapas, Casco y Fondo.

De acuerdo a la disposición de las cubas o tanques en el B/P INDICO (Ver anexo 1), se obtendrán las cargas térmicas debido a la transferencia de calor a través del casco, mamparos, tapas y fondo, considerando las pérdidas por Conducción de Calor.

Se aplicará la fórmula:

$$Q_{p1} = K S \Delta T \quad (\text{ec. 2.1})$$

Donde:

K.- Coeficiente Global de Transferencia de Calor de cada pared
(Kcal / Hr – m² - °C)

S.- Superficie de Transferencia de la pared (m²)

ΔT.- Diferencial de temperatura (propia a cada pared) entre el ambiente (t_a) y la temperatura de la cámara (t_f). (°C)

Se procederá de la siguiente manera:

- a.- **Obtención de las superficies de Transferencia (m²).-** De acuerdo al Anexo 1, se muestran las superficies conforme a su ubicación.
- b.- **Determinación del Diferencial de Temperatura (°C).-** Se aplicará en cada superficie tomando en cuenta las condiciones de temperatura de trabajo.
- c.- **Cálculo del Coeficiente K por cada pared.-** Se consideran los materiales en cada una de las superficies, sean casco, forro o mamparos de las cubas, aislamiento, etc.
- d.- **Obtención de Qp1.-** Mediante la aplicación de la ecuación 2.1 en cada uno de los casos y al final, la sumatoria de todos los casos.

a. OBTENCIÓN DE LAS SUPERFICIES DE TRANSFERENCIA (m²).-

La figura 2.0 es una presentación del Anexo 1 en el que se determina el área de transferencia en cada una de las superficies de las Cubas, Cuba por Cuba, tomando en consideración la simetría que existe entre los costados de Babor y/o Estribor. Por tal motivo se consideró que las superficies de las Cubas 1 y 2 , 3 y 4 , 5 y 6 son similares respectivamente. Estos valores se indican de manera resumida en la tabla 2 al final del presente capítulo.



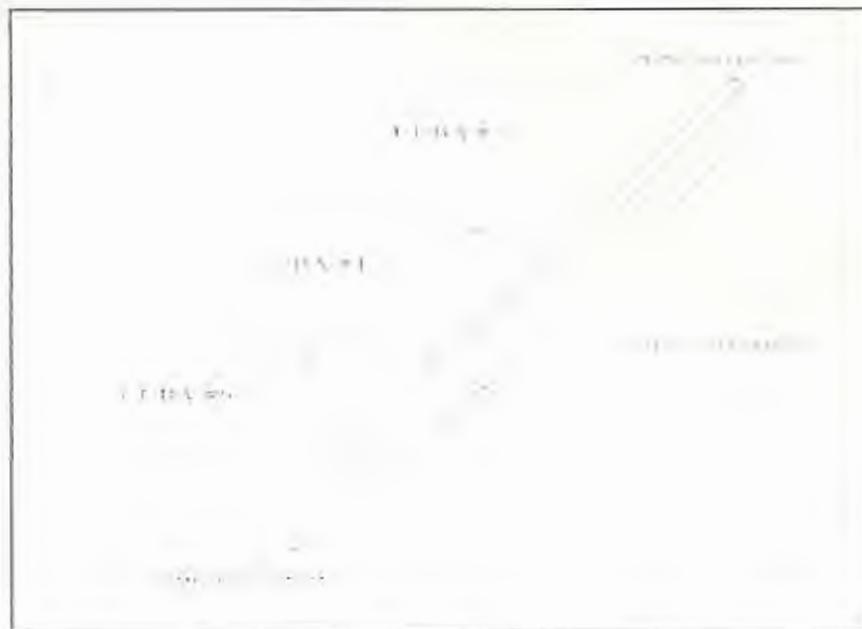


FIGURA 2.0. Esquema de Disposición de Cubas (Tanques)

b. DETERMINACIÓN DE LOS DIFERENCIALES DE TEMPERATURA SEGÚN LAS CONDICIONES DE TRABAJO (°C)

Se tomó en cuenta las temperaturas de cada una de las superficies conforme a la ubicación y a la orientación de la transmisión del calor; y está representada en la Tabla 3.

c. CÁLCULO DEL COEFICIENTE K POR CADA PARED.-

De acuerdo a lo obtenido en el numeral 2.2.3 de éste mismo capítulo, el material empleado como aislamiento térmico entre el planchaje del casco, y el mamparo correspondiente, así como los otros mamparos de las cubas es el Poliuretano Expandido con densidad de 32 a 42 Kg.-/ m³ y aplicado con un espesor de 127 mm (5").

c.1.- Tapas.

Figura 2.1. Esquema de Tapas.

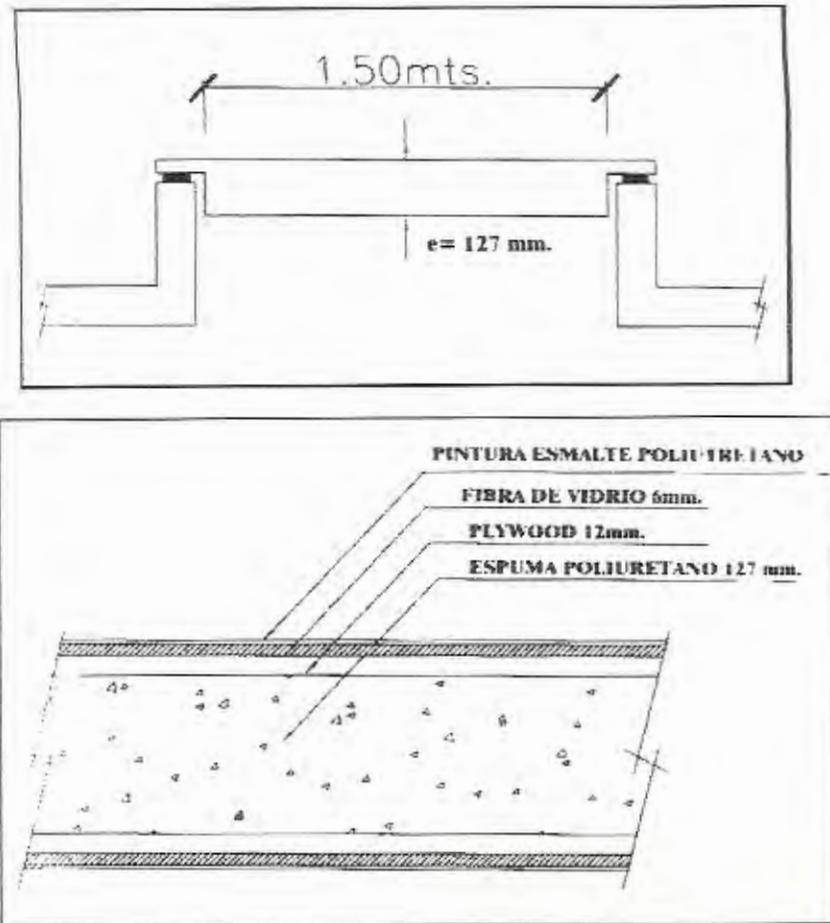
**Materiales empleados:**

Tabla marina	espesor = 12.0 mm
Fibra de Vidrio	espesor = 6.0 mm
Poliuretano Expandido	espesor = 12.7 mm

$$K = 0.1813 \text{ Kcal / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

c.2.- Juntas de Anclaje entre el forro de las cubas y Mamparos exteriores. (Ver Figura 2.2.)

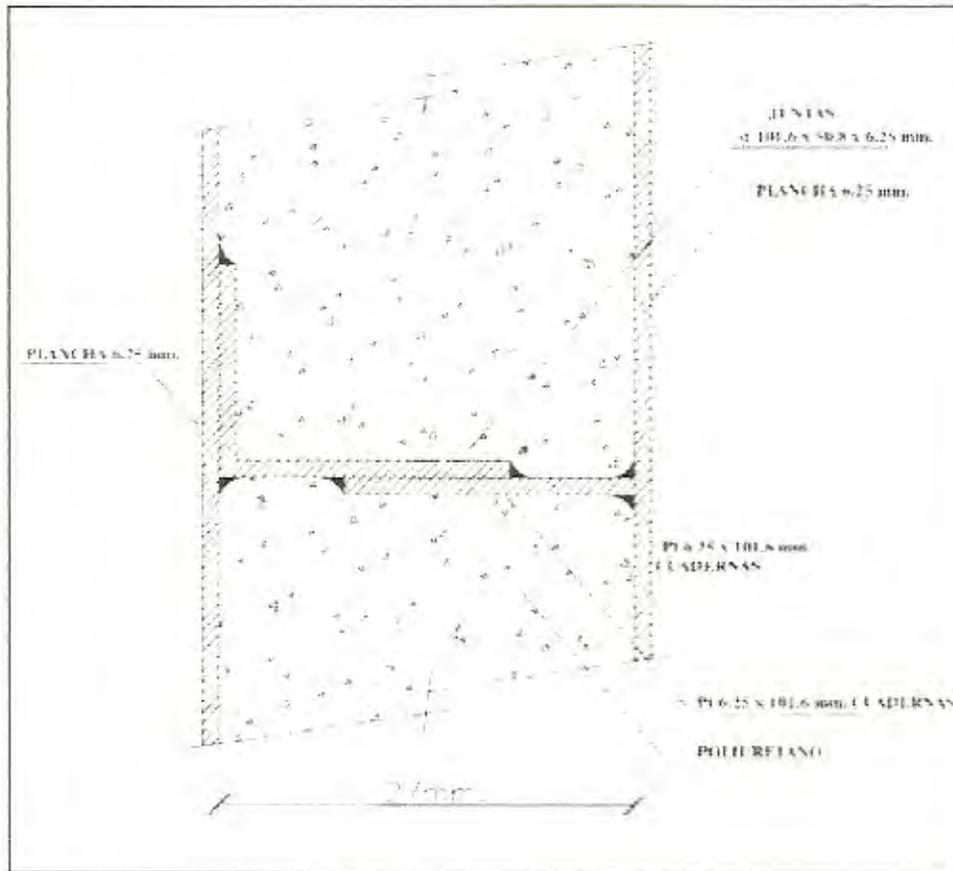


FIGURA 2.2. Esquema de las Juntas de Anclaje

Área de Contacto = 0.40% x Superficie de las Paredes (valores indicados en la Tabla2)

c.2.1.- Costados o Fondo (Agua / Agua)

$$K = 78.95 \text{ Kcal / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

c.2.2.- Techo (Aire / Aire)

$$K = 1.89 \text{ Kcal / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$



c.2.3.- Mamparo de Proa (Cuba #2), Popa (Cuba # 3) o Túnel (Agua / Aire)

$$K = 4.04 \text{ Kcal / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

c.2.4.- Juntas Mamparos con cuadernas

$$K = 78.95 \text{ Kcal / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

c.3.- Forro de las Tinajas

c.3.1.- Costados o Fondo (Agua / Agua)

$$K = 0.223 \text{ Kcal / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

c.3.2.- Techo (Aire / Aire)

$$K = 0.199 \text{ Kcal / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

c.3.3.- Mamparos o Túnel (Agua / Aire)

$$K = 0.212 \text{ Kcal / Hr-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$$

Todos estos valores de c.1 , c.2 y c.3 se los incluye en la Tabla 3 para la obtención de Qp1.

d.- Obtención de Qp1.-

Al final del capítulo, en la Tabla 6 se obtiene el valor correspondiente a las cargas térmicas por mamparos, tapas, casco y fondo (Qp1) para cada una de las Cubas del costado de estribor (Cuba 2, 4 y 6 respectivamente).

2.2.2. Cargas Térmicas por Bombas de Salmuera (Qp3)

Como una aproximación bastante aceptable se considerará como Carga térmica producida por el trabajo mecánico de las Bombas de Circulación de Salmueras el equivalente al 4 % del Total de las Cargas Térmicas (Ref. 2). Para el caso en particular de la transportación del pescado congelado en cubas, se consideraron los siguientes cargas térmicas:

A) CARGAS INTERNAS.-

- Carga Frigorífica en etapa de Enfriamiento del producto desde la temperatura ambiente a la temperatura de Congelación (Calor Sensible) y se la representa como **Qu21**.
- Carga Frigorífica por Congelamiento del agua a la temperatura de Congelamiento (Calor Latente) y se la representa como **Qu22**.
- Carga Frigorífica en etapa de Congelación del producto desde la temperatura de Congelación a la temperatura final de Almacenamiento por el enfriamiento del producto congelado (Calor Sensible) y se lo representa como **Qu23**.

B) CARGAS EXTERNAS.-

- Cargas Térmicas por las paredes **Qp1**.

De lo arriba descrito, podemos obtener el valor correspondiente a la Carga Térmica por la Bombas de Salmuera Qp3, mediante la fórmula:

$$Qp3 = 0.04 (Qu21 + Qu22 + Qu23 + Qp1) \quad (\text{ec. 2.3})$$

2.2.3. Selección y Cálculo del Espesor Económico del Aislamiento de las Cubas.

Los aislamientos son materiales destinados a disminuir la entrada del calor a través de las paredes de las cámaras frigoríficas o espacios a refrigerar. Ayuda a mantener la temperatura interior del local y obtener la mayor economía posible en los costos de operación de las maquinarias.

Entre los aislantes térmicos comúnmente usados en instalaciones frigoríficas pesqueras hay:

- Corcho *
- Lana de Vidrio
- Lana Mineral
- Poliestireno
- Cloruro de Polivinilo expandido (PVC)
- Poliuretano Expandido *



* Materiales más usados a pesar de su elevado costo.

Los principales factores que influyen en la selección del tipo y cantidad de aislamiento son:

- Zonas geográficas de operación del buque
- Tipo de Buque
- Tipo y forma de construcción de la nave
- Método de estiba del producto, y
- Tiempo de Travesía.



Como un aspecto importante para tomar en consideración para eliminar penetración de humedad (vapor de agua) al aislante, se prefiere al POLIURETANO EXPANDIDO puesto que es un material que puede ser expandido en sitio, rellenando completamente el espacio entre el casco del buque y la capa de revestimiento usada en las cubas.

De una manera general, el aislamiento es tolerable cuando la cantidad de calor que atraviesa una pared es aproximadamente igual a **8 o 10 Kcal / m²-Hr** según sea la diferencia de temperatura ΔT entre los dos medios separados por esta pared. *(Ref. 2)

*Ref. 2 Curso de Refrigeración – Ing. Ángel Vargas Zúñiga, ESPOL -1974

Se puede aplicar una relación lineal entre ΔT y K , de la siguiente manera:

TABLA 4

ΔT (°C)	K (Kcal / Hr-m ² -°c)
10	0.40
20	0.35
30	0.30
40	0.25
50	0.20
60 o mas	0.15

Aplicando las mismas consideraciones de temperaturas de trabajo entre los ambientes del buque con el interior de las cubas, e indicadas en la Tabla 3, y extrapolando de acuerdo a la relación lineal entre ΔT y K con los valores de la Tabla 4, tenemos:

UBICACIÓN	ΔT	K
Aire Exterior	47	0.215
Agua del Mar	43	0.235
Superficie Horiz. Al Aire	60	0.150
Superficie Bajo Nivel de Flotación	43	0.235
Mamparos Cuarto de Máquinas	60	0.150
Punto Congelación Pescado Fresco	13.9	0.381
Temperatura de Congelamiento	0	0

Aplicando la ecuación 2.2 y los valores indicados en la Tabla 5 en las condiciones más críticas de trabajo, y despejando la incógnita e , se determina el espesor del aislamiento térmico deseado.

Primer Caso: Superficies en contacto con el agua, $\Delta T = 43\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $K = 0.235$

$$e = 0.1204\text{ m}$$

Segundo Caso: Superficies en contacto con el aire (Aire / aire) como la parte superior de las cubas entre piso de cubierta y las tinas; $\Delta T = 47\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $K = 0.215$

$$e = 0.1172\text{ m}$$

Tercer Caso: Superficies de mamparos sala de máquinas y las tinas (aire / agua); $\Delta T = 60^{\circ}$ y $K = 0.15$

$$e = 0.1820\text{ m}$$

Tomando en consideración que la relación entre las áreas de transferencia del costado de la embarcación, el Casco y Cubierta es mayor a las áreas de transferencia que dan a la Sala de Máquinas y Túnel; con el fin de no excederse en los costos por instalación y aplicación del aislamiento, un espesor de 127 mm (5") es el adecuado y se lo escoge para aplicarlo.

2.3. Cargas Térmicas Totales (Qt)

Conforme a lo descrito sobre el cálculo de las Cargas Térmicas Totales en transportación de pescado congelado en las cubas, se consideran las siguientes cargas:

A) CARGAS INTERNAS.-

- CARGA POR ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO.- (Calor Sensible) desde la temperatura inicial a la temperatura de Congelación del producto. Se la representa como Qu21, y se la obtiene de la ecuación:

$$Qu21 = Ce. P (ti - tc) \quad (ec. 2.4)$$

Donde: tc.- Temperatura de congelación del producto (°C)

P.- Peso del producto (Kg)

Ce.- Calor específico del producto antes de la congelación
(Kcal / Kg-°C)

ti.- Temperatura de introducción del producto (°C)

- CARGA POR CONGELAMIENTO DEL AGUA .- (Calor Latente de Fusión) representado por Qu22 y se lo obtiene de la ecuación:

$$Qu22 = Ic.P \quad (ec. 2.5)$$

Donde: l_c .- Calor latente (respiración) del producto (Kcal / kg).

- CARGA POR ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO CONGELADO DESDE LA TEMPERATURA DE CONGELACIÓN A LA TEMPERATURA FINAL DE ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO, representado como Q_{u23} y se lo obtiene de la ecuación:

$$Q_{u23} = C' \cdot P (t_c - t_f) \quad (\text{ec. 2.6})$$

Donde:

t_f .- Temperatura final de almacenamiento en la Cuba (°C)

C' .- Calor específico después del congelamiento (Kcal / Kg-°C)

B) CARGAS EXTERNAS.-

- CARGAS TÉRMICAS POR LAS PAREDES, representado como Q_{p1} y presentado en la Tabla 4.
- CARGAS TÉRMICAS POR BOMBAS DE CIRCULACIÓN DE SALMUERA, representado como Q_{p3} y para nuestro caso en particular, calculado con la Ecuación 2.3.

El valor de las CARGAS TÉRMICAS TOTALES (QT) y su aplicación para las seis (6) bodegas de la embarcación, considerando la capacidad máxima de refrigeración, se la obtuvo y representó en la Tabla 7 , y cuyo valor es:

$$QT = 576\ 984.11 \text{ Kcal / Hr. (190,80 Toneladas* de Refrigeración)}$$



1 Tonelada de Refrigeración = 12000 BTU / Hr.

1 Tonelada de Refrigeración = 3024 Kcal / Hr.

TABLA 2

SUPERFICIES DE TRANSFERENCIA DE LOS MAMPAROS (S)

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCION	SUPERFICIE (m2)	SUPERFICIE JUNTAS (m2)
CUBA Nº 2	PROA	7,40	0,0296
	POPA	8,31	0,0332
	COSTADO ESTRIBOR	9,26	0,0370
	COSTADO TUNEL	18,94	0,0758
	FONDO	17,10	0,0684
	CUBIERTA	15,30	0,0612
	TAPA	2,25	
	JUNTA (MAMPAROS)	0,00	0,0296
	S U M A N VOLUMEN (m3)	78,56 42,00	
CUBA Nº 4	PROA	8,31	0,0332
	POPA	7,21	0,0288
	COSTADO ESTRIBOR	8,39	0,0336
	COSTADO TUNEL	15,44	0,0618
	FONDO	14,57	0,0583
	CUBIERTA	11,40	0,0456
	TAPA	2,25	
	S U M A N VOLUMEN (m3)	67,57 33,73	
	CUBA Nº 6	PROA	7,87
POPA		6,24	0,0250
COSTADO ESTRIBOR		5,85	0,0234
COSTADO TUNEL		11,55	0,0462
FONDO		13,05	0,0522
CUBIERTA		10,01	0,0400
TAPA		2,25	
JUNTA (MAMPAROS)		0,00	0,0323
S U M A N VOLUMEN (m3)		56,82 24,02	

TABLA 3

DIFERENCIALES DE TEMPERATURA SEGÚN CONDICIONES DE TRABAJO

DESCRIPCIÓN	TEMP. CONGELACIÓN Ti (°C)	Te (°C)	DIF. TEMP. (°C)
CONGELACIÓN	-15	-15	0
AIRE EXTERIOR	-15	32	47
AIRE EN ALOJAMIENTOS INTERIORES	-15	30	45
AIRE EN INTERIOR DE COCINA	-15	35	50
AGUA DEL MAR	-15	28	43
MAMPAROS HORIZONTALES (AIRE)	-15	45	60
SUPERF. BAJO NIVEL FLOTACIÓN	-15	28	43
MAMPAROS A CUARTO MAQUINAS	-15	45	60

TABLA 5

COEFICIENTES DE CONDUCTIVIDAD Y CONVECCIÓN

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	VALOR	REFERENCIA
COEF. DE CONVECCIÓN SUPERFICIAL INTERIOR Parte inferior del mamparo Horizontal de cubierta Agua de mar	h_i (Kcal / Hr - m ² - °C) Dif. Temp de 47°C	2,96 2000	SEARS / ZEMANSKY
COEF. DE CONVECCIÓN SUPERFICIAL EXTERIOR Parte superior del mamparo Horizontal de cubierta Mamparos ubicados en los exteriores de las cubas Agua de mar	h_e (Kcal / Hr - m ² - °C) Dif. Temp de 47 °C Dif. Temp de 60 °C	5,61 4,2482 2000	SEARS / ZEMANSKY SEARS / ZEMANSKY
COEF. CONDUCTIVIDAD MATERIALES Fibra de vidrio Plywood Poliuretano expandido Acero Naval	λ (Kcal - m / Hr - m ² - °C)	0,0343 0,1475 0,0283 12,00	MANUAL DE MARKS MANUAL DE MARKS MANUAL DE MARKS ING. ANGEL VARGAS

TABLA 7

DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS TÉRMICAS TOTALES. (QT)

IDENTIFICACION	SUPERFICIE (m2)	VOLUMEN (m3)	PESO PRODUCTO (Kg)	Tc (°C)	Ti (°C)	Tf (° c)	CARGAS INTERNAS (Kcal / Hr)		CARGAS EXT. (Kcal / Hr)		Qt (Kcal / Hr)
CUBA O TANQUE N° 2	78,56	42,00	35700,00	-2	28	-13	Qu21 Qu22 Qu23	20081,25 91630,00 3763,375	Qp1 Qp3	1271,98 4669,86	121416,47
							SUMA	115474,625		Qt2	
CUBA O TANQUE N° 4	65,57	33,73	28670,50	-2	28	-13	Qu21 Qu22 Qu23	16127,16 73587,82 3022,35	Qp1 Qp3	933,82 3746,84	97417,78
							SUMA	92737,12		Qt4	
CUBA O TANQUE N° 6	56,82	24,02	20417,00	-2	28	-13	Qu21 Qu22 Qu23	11484,56 52403,63 2152,29	Qp1 Qp3	938,17 2679,15	69657,80
							SUMA	66040,4879		Qt6	
<p>POR SER SIMÉTRICAS LAS CUBAS DEL COSTADO DE BABOR CON LAS CUBAS O TANQUES DEL COSTADO DE ESTRIBOR, EL VALOR DE LA CARGA TÉRMICA TOTAL SE LA OBTIENE,</p> <p style="text-align: right;">QT = 2 (Qt2 + Qt4 + Qt6)</p>											576984,11

DATOS REFERENCIALES: (Del Pescado de mar)

Ce (Kcal / Kg - °C) 0,45
 Ci' (Kcal / Kg - °C) 0,23
 Ic (Kcal / Kg) 61,6

QT (Tons. De Refrigeración)

190,80



CAPÍTULO 3

3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y TRAZADO DEL CICLO TERMODINÁMICO.

3.1. Sistemas de Refrigeración Existentes.

En sistemas de refrigeración aplicados en embarcaciones pesqueras, éstos difieren:

- a) Según las necesidades o requerimientos de producción frigorífica;
- b) Según el tipo de buque pesquero; y
- c) Según la clase de producto del mar a ser refrigerado.

3.1.1. Clasificación de los Sistemas.-

Los sistemas de refrigeración se clasifican de acuerdo al uso del tipo de refrigerante que deba emplear la instalación, y dependerá del lugar donde la absorción del calor se realiza.

Partiendo de este concepto, los sistemas pueden ser:

- **Refrigeración Directa (o Expansión Directa).**- La absorción de calor del local a enfriar se logra directamente por la vaporización del refrigerante que circula en el evaporador ubicado en el local.
- **Refrigeración Indirecta.**- Es cuando la absorción del calor del local a enfriar no se hace directamente por la vaporización del refrigerante en el evaporador, sino indirectamente, por intermedio de un líquido incongelable (dentro del rango de las temperaturas de trabajo, por supuesto). (Ver figura 3.1).

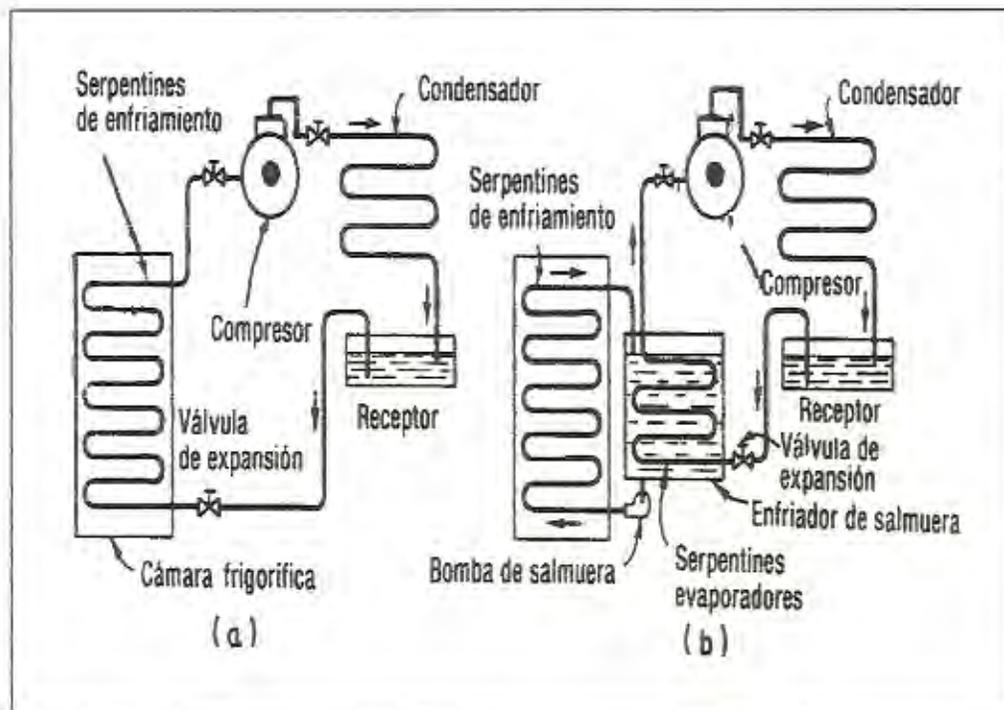


FIGURA 3.1: Evaporador de Expansión Directa (a), comparado con el Indirecto b)

A más de los sistemas convencionales o tradicionales, los sistemas de refrigeración más importantes que se aplican en buques pesqueros ecuatorianos son:

❖ Sistema de Refrigeración con Hielo

Comúnmente usado en embarcaciones pesqueras pequeñas y de poca autonomía. Este sistema presenta las siguientes alternativas:

Ventajas

- Se ahorra el costo de una instalación con refrigeración mecánica.
- El hielo al contacto con el pescado proporciona un rápido enfriamiento
- Se obtiene un control de temperatura del pescado debido a que se conoce la temperatura del hielo.

Desventajas:

- Si los trozos de hielo son muy gruesos, la superficie de contacto pescado-hielo es insuficiente y el enfriamiento será lento.
- Si los trozos de hielos son demasiado finos, el agua de fusión se chorrea mal y los pescados corren el riesgo de bañarse en un medio fuertemente contaminado.
- No se puede llegar a temperaturas de almacenamiento menores a 0 °C

❖ Sistema Combinado Hielo – Agua de Mar (CSW)

Consiste en enfriar el agua de mar haciendo uso del hielo, en vez de algún equipo de refrigeración mecánica.

El hielo es añadido directamente al tanque con el pescado y para uniformizar la temperatura es necesario el uso de una bomba centrífuga de recirculación del agua de mar en el tanque.

El hielo a emplearse es el hielo en escamas para que permita un rápido enfriamiento de la mezcla y evitar el bloqueo en la bomba de recirculación, con lo cual este sistema presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- ♣ Reduce el porcentaje de sal en el agua, por lo que se evitaría la penetración de sal en el producto pesquero.

Desventajas:

- ♣ Reduce la capacidad de almacenamiento en relación con el sistema RSW.

- ♣ Saber determinar la cantidad de hielo que se necesita para que el producto se mantenga a la temperatura deseada durante toda la travesía.

❖ **Sistema Combinado de Refrigeración Mecánica con Hielo.**

Es una combinación del uso de un sistema mecánico de refrigeración con hielo, y cuyo objetivo principal es obtener una disminución mayor en la temperatura de almacenamiento, conservar mayor tiempo el hielo y reducir la cantidad de hielo para refrigerar el pescado.

3.1.2. Selección del Sistema de Refrigeración

El Sistema de Refrigeración seleccionado para aplicarse en el B/P INDICO es un Sistema de Refrigeración Indirecta en el que el medio congelante o REFRIGERANTE SECUNDARIO es el agua de mar previamente refrigerada y mezclada con Cloruro de Sodio (SALMUERA DE CLORURO DE SODIO); a lo que lleva a desarrollar un Método o Procedimiento de Congelación conocido como CONGELACIÓN POR INMERSIÓN de los productos en contacto con salmuera (o Disoluciones Salinas)

En el Anexo 2 se presenta el diagrama esquemático del Sistema de Circulación de Salmuera en la Bodega de Pescado del B/P INDICO.

3.2. Selección de Refrigerantes.

Los refrigerantes son sustancias químicas que circulan cíclicamente por las instalaciones frigoríficas, actuando como agente refrigerante del cuerpo o sustancia a enfriar. Son capaces de absorber calor en un proceso de vaporización; o en otras palabras, cualquier compuesto químico que puede ser licuado fácilmente y para lo cual se hace uso de sus cambios de estado físico como fuente de producción de frío.

Los refrigerantes, según la norma 34 de la ASRE*, se clasifican en varios grupos:

- Compuestos Inorgánicos
- Sustancias Orgánicas no Saturadas
- Hidrocarburos
- Hidrocarburos Halogenados
- Mezclas Azeotrópicas



• ASRE.- AMERICAN SOCIETY OF REFRIGERATING ENGINEERS,
Actualmente ASHRAE.

3.2.1 Selección del Refrigerante Primario.

En un sistema de refrigeración indirecta los refrigerantes primarios son sustancias químicas que se caracterizan por su tendencia a vaporizarse a bajas temperaturas al absorber calor (en los evaporadores) y además por su fácil tendencia a condensarse a temperatura ambiente al ceder calor (en los condensadores).

En las instalaciones del sistema de refrigeración del B/P INDICO, el refrigerante Primario escogido fue el AMONIACO (R717) por las siguientes ventajas:

- Refrigerante comúnmente usado en sistemas de refrigeración de embarcaciones pesqueras, en especial atuneras.
- Fácil determinar la presencia de fugas
- Pertenece a la familia de los Compuestos Inorgánicos y no a la familia de los Hidrocarburos Halogenados, por lo que no contribuye a la destrucción de la capa de ozono y tiene una muy baja aptitud a las fugas.
- Razones económicas; el propietario de la embarcación puede proveerse fácilmente de éste refrigerante debido al campo económico en el que se desarrolla.

- Apoyo logístico; al ser el propietario de la embarcación dueño de otras embarcaciones pesqueras, además de una planta de enlatados con cámaras frigoríficas, es fácil conseguir éste refrigerante en caso de necesidad emergente.

Desventajas respecto a otros refrigerantes:

- Muy tóxico y ligeramente inflamable, por lo que es muy fácil de detectar.
- Actúa muy fuertemente si está en contacto directo con los productos perecederos.
- Muy corrosivo en instalaciones con tuberías de cobre y sus aleaciones, lo que encarece la instalación por el material a emplearse.

3.2.2 Selección del Refrigerante Secundario.

Son fluidos usados generalmente en sistemas de refrigeración indirecta cuya característica principal es tener un bajo punto de congelación y bajo punto eutéctico. Un refrigerante secundario ideal debe reunir las siguientes características:

- a) Un punto de congelación o eutéctico netamente inferior a la más baja temperatura a la cual va a usarse para la conservación o congelación de los productos. (Bajo punto de congelación).
- b) Ligera viscosidad a fin de:
 - Limitar las caídas de presión en los circuitos
 - Obtener coeficientes de transferencia de calor elevados
- c) Alta densidad y calor específico
- d) Bajo punto de ebullición
- e) No inflamable
- f) No tóxico
- g) Ligera aptitud a provocar corrosiones
- h) Bajo precio.

Por lo antes expuesto, las SALMUERAS son los refrigerantes secundarios más usados en las instalaciones frigoríficas pesqueras a pesar que su principal inconveniente es la tendencia a producir corrosión.

Debido a que las sales en solución corroen el hierro, cobre, níquel, aluminio y otros metales de uso común, es necesario hacer uso de ciertas sustancias inhibidoras de corrosión. En el caso específico de las

salmueras de Cl_2Ca y Cl Na que son las más usadas a bordo de los buques pesqueros, se debe seguir las siguientes recomendaciones:

- a) Añadir 0,5 Kg. de Hidróxido de Sodio (Na OH) por cada 100 Kg. de Cloruro de Calcio. (Salmuera de Ca Cl_2)
- b) Añadir de 1 a 2 Kg. de Carbonato de Sodio ($\text{Na}_2 \text{C O}_3$) por cada 100 Kg. de Cloruro de Sodio. (Salmuera de Na Cl).

Para probar que se ha añadido suficiente cantidad de agente neutralizante, se añaden unas cuantas gotas de fenolftaleína a la salmuera; y si ésta es neutra o ligeramente alcalina, la solución se volverá de color rosado y si permanece incolora es que aun es ácida.

En la figura 3.2 podemos observar la concentración y la precipitación de hielo o sal de una solución al ser enfriada. Mezclando sales con agua o hielo se absorbe calor. La temperatura que se puede alcanzar depende de la cantidad de cuerpos mezclados, su concentración y su temperatura. El enfriamiento está limitado por el punto eutéctico (criohidrático) de la solución en el cual se congela. El punto eutéctico representa la concentración a la cual puede alcanzarse la más baja temperatura sin solidificación.

Para evitar el riesgo de que se hiele la salmuera es usual el poner exceso de sal, pero esto debe hacerse solamente dentro de ciertos límites, ya que mas allá del punto eutéctico el punto de congelación sube muy rápidamente y habría un riesgo de separación de sal.

En el caso de operar con una concentración de 45 Kg. de Cloruro Sódico por cada Tonelada de Pescado (Ref. 1), el punto eutéctico de la salmuera estará cerca de los $- 13\text{ }^{\circ}\text{C}$, y en un Sistema de Refrigeración Indirecta por congelación de los productos en contacto con salmuera no es aconsejable disminuir la temperatura de $- 11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los valores de punto de congelación ($^{\circ}\text{C}$) vs. Concentración en % de Sal en la solución común (para Cloruro Sódico) de la Tabla 8; son representados en el Diagrama del Cloruro Sódico de la Figura 3.3.

3.2.3. Determinación de las Temperaturas de Evaporación y Condensación para el Trazado del Ciclo Termodinámico.

En el medio práctico, la determinación de la diferencia de temperatura real ante el medio a enfriar se puede tomar en consideración unos $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por debajo la temperatura de evaporación, en el caso de los evaporadores, cuyo medio a enfriar sea un líquido. (Ref. 2).

Ref.1 Instalaciones Frigoríficas para Buques Pesqueros, Ing. Ángel Vargas Zúñiga, Primera Edición, 1979
Ref. 2 "Curso de Refrigeración" Ing. A. Vargas Z. Edición 1974, Cap. 17

FIGURA 3.2 Diagrama de Cloruro Sódico

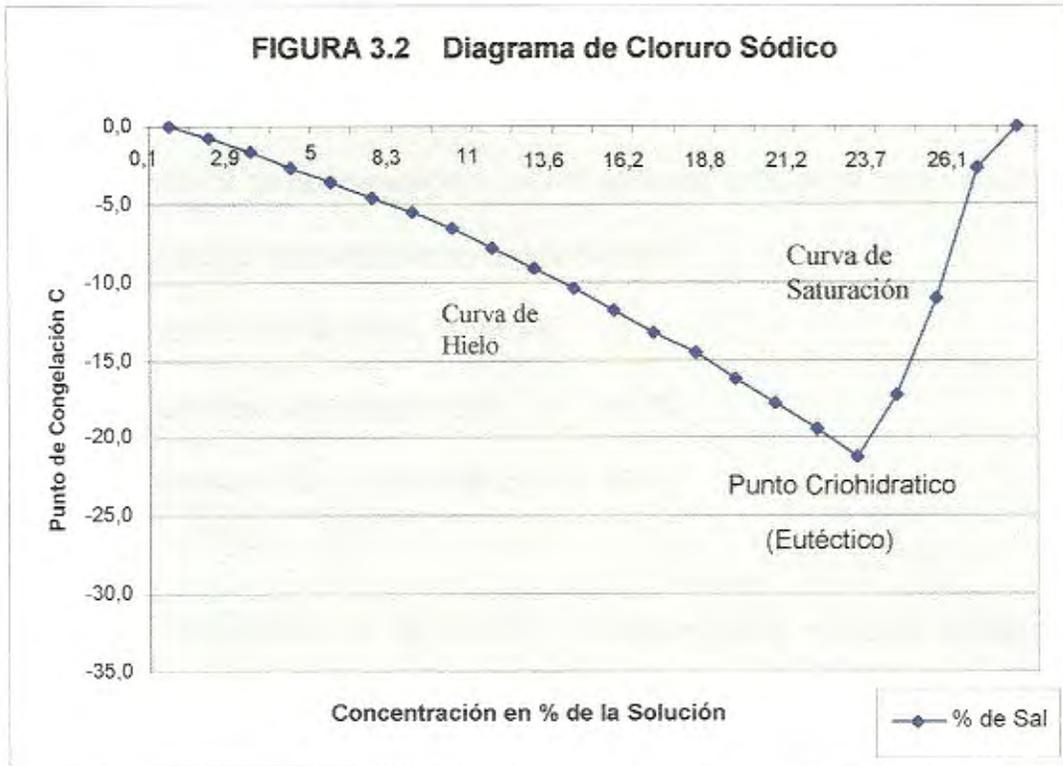
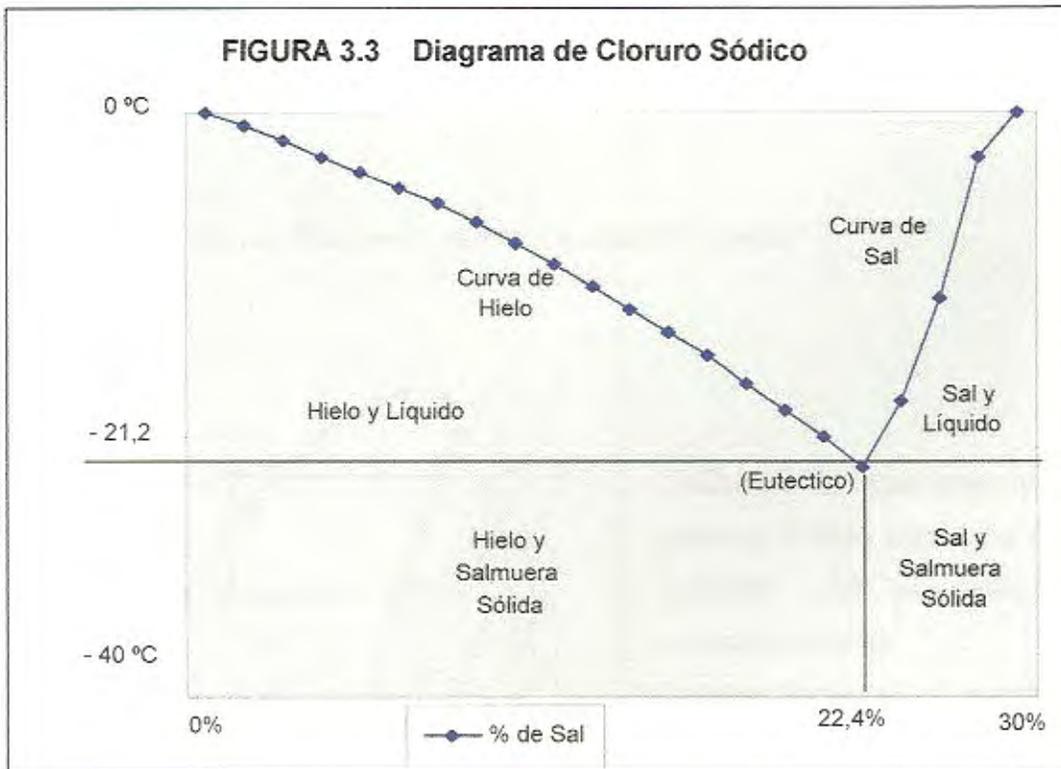


FIGURA 3.3 Diagrama de Cloruro Sódico



Mientras que en los condensadores, la diferencia de temperatura entre el medio a enfriar (nuestro caso, condensadores enfriados por agua), y la temperatura de condensación del refrigerante, está en el rango de los 5 a 8 °C sobre la temperatura de condensación.

Por lo antes mencionado, tenemos:

- Temperatura de Evaporación = - 20 °C
- Temperatura de Condensación = + 33 °C

En el Diagrama de MOLLIER correspondiente al Gas refrigerante Amoníaco (R717), en el que se tiene por coordenadas el Logaritmo de presión vs. Entalpía, procedemos a trazar la Curva " Teórica" o Ciclo Termodinámico Estándar del circuito frigorífico tal como podemos apreciar en el Anexo 3 y en la Figura 3.4

3.3. Cálculo de los Parámetros Principales del Ciclo.

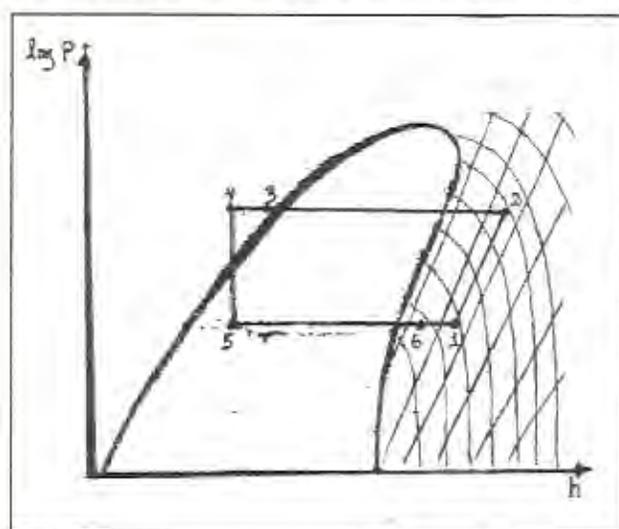


FIGURA 3.4 Esquema de un circuito o Ciclo termodinámico estándar, con las siguientes transformaciones representadas en el diagrama Log P - h:

- 1 – 2 : Compresión isentrópica de vapores saturados,
- 2 – 3 : Enfriamiento y condensación del vapor a presión constante,
- 3 – 4: Subenfriamiento del líquido a la salida del condensador
(en caso que se aplique),
- 4 – 5 : Expansión isentálpica en la válvula de expansión,
- 5 – 6 : Vaporización del líquido en el evaporador,
- 6 – 1 : Recalentamiento de los vapores que salen del evaporador (en caso que se aplique).

3.3.1 Cálculo del Caudal Másico

El caudal másico de fluido que debe desplazar la máquina para suministrar una Potencia Frigorífica determinada se lo obtiene mediante la ecuación:

$$m^{\circ} = \frac{Q_f}{h_6 - h_4} \quad (\text{ec. 3.1})$$

De la Tabla 7, tenemos que la Potencia Frigorífica (Q_f) representa a las Cargas Térmicas Totales (Q_t) y es igual a 576 984,11 Kcal / Hr, además, del Diagrama de Mollier obtenemos (Anexos 3 y 3.1)

$$h_1 = 403 \text{ Kcal / Kg } (a - 10^{\circ}\text{C}); \quad h_2 = 473 \text{ Kcal / Kg } (a + 135^{\circ}\text{C})$$

$$h_3 = 131,54 \text{ Kcal / Kg } (+ 28^{\circ}\text{C}); \quad h_4 = h_5 = 120,11 \text{ Kcal / Kg } (+ 18^{\circ}\text{C})$$

$$h_6 = 398 \text{ Kcal / Kg } (a - 15^{\circ}\text{C})$$

Reemplazando los valores en la ecuación, tenemos

$$\dot{m} = 2076.30 \text{ Kg / hr}$$

3.3.2. Cálculo del Caudal Volumétrico.

Aplicando la ecuación

$$V_r = \dot{m} V_1 \quad (\text{ec. 3.2})$$

Donde, V_1 .- Volumen específico del fluido en las condiciones del punto 1 del Diagrama de Mollier, equivalente a la entrada del compresor. (Del diagrama, $V_1 = 0.62 \text{ m}^3/\text{Kg}$.) (Ver Anexos # 3).

$$V_r = 1287,31 \text{ m}^3 / \text{Hr.}$$

3.3.3 Cálculo de la Potencia del Compresor

La energía mecánica absorbida por el compresor de la máquina frigorífica para producir la Potencia Frigorífica Q , en las condiciones de funcionamiento considerados, se la obtiene de la ecuación

$$P = \dot{m} \frac{h_2 - h_1}{860 \eta_i \eta_m} \quad (\text{ec. 3.3})$$

Donde: η_i .- Eficiencia Indicada

η_m °.- Eficiencia Mecánica

En la práctica se considera que $\eta_i = \eta_v$, y $\eta_m = 0.8 - 0.9$

Aplicando valores obtenidos del diagrama de Mollier en la Curva de Rendimiento Volumétrico vs. Tasa de Compresión (Anexo 4), se obtiene $\eta_v = 0.7$

Aplicando la ecuación 3.3 se obtiene la Potencia del Compresor :

$$P = 284,04 \text{ Kilowatts} * (380,75 \text{ HP})$$

3.3.4. Cálculo de la Potencia Calorífica del Condensador

La obtenemos de la ecuación 3.4:

$$Q_c = \frac{Q_f (h_2 - h_3)}{h_6 - h_4} \quad (\text{ ec. 3.4})$$

$$Q_c = 708974,75 \text{ Kcal / Hr}$$

1 kilowatt = 1.3405 HP

TABLA 8

SOLUCIONES DE SAL COMÚN (CLORURO SÓDICO NaCl)²

Peso Especifico a 15 °C			% de Sal	Kg. Sal en 100 l de H ₂ O	Punto de Congelación °C	Calor Especifico de la Solución a °C					
T w°	Kg./litro	Be°				-20	-10	0	10	20	30
0'0	1'00	0'6	0,1	0,1	0,0			1,001	0,999	0,997	0,996
2'0	1'01	1'6	1,5	1,5	-0,8			0,973	0,975	0,978	0,981
4'0	1'02	3'0	2,9	3,0	-1,7			0,956	0,959	0,963	0,966
6'0	1'03	4'3	4,3	4,5	-2,7			0,941	0,945	0,948	0,951
8'0	1'04	5'7	5,0	5,9	-3,6			0,927	0,931	0,934	0,937
10'0	1'05	7'0	7,0	7,5	-4,6			0,914	0,917	0,920	0,923
12'0	1'06	8'3	8,3	9,0	-5,5			0,901	0,904	0,907	0,910
14'0	1'07	9'6	9,6	10,6	-6,6			0,889	0,892	0,895	0,898
16'0	1'08	10'8	11,0	12,3	-7,8			0,878	0,881	0,884	0,887
18'0	1'09	12'0	12,3	14,0	-9,1			0,867	0,870	0,873	0,876
20'0	1'10	13'2	13,6	15,7	-10,4		0,855	0,857	0,860	0,863	0,865
22'0	1'11	14'4	14,9	17,5	-11,8		0,845	0,848	0,850	0,853	0,856
24'0	1'12	15'6	16,2	19,3	-13,2		0,836	0,839	0,841	0,844	0,846
26'0	1'13	16'7	17,5	21,2	-14,6		0,828	0,830	0,832	0,835	0,837
28'0	1'14	17'8	18,8	23,1	-16,2		0,819	0,822	0,824	0,826	0,829
30'0	1'15	18'9	20,0	25,0	-17,8		0,811	0,814	0,816	0,818	0,821
32'0	1'16	20'0	21,2	26,9	-19,4		0,803	0,806	0,808	0,81	0,813
34'0	1'17	21'1	22,4	29,0	-21,2	0,793	0,796	0,798	0,800	0,803	0,805
36'0	1'18	22'1	23,7	31,1	-17,3		0,789	0,791	0,793	0,795	0,797
38'0	1'19	23'1	24,9	33,1	-11,1		0,782	0,784	0,796	0,788	0,790
40'0	1'20	24'2	26,1	35,3	-2,7			0,778	0,779	0,781	0,783
40'6	1'203	24'4	26,3	35,7	0,0			0,776	0,778	0,780	0,781

² Información sacada del Texto "Instalaciones Frigoríficas para Buques Pesqueros" Tabla 4.4



CAPÍTULO 4

4. SELECCIÓN Y CÁLCULO DE CONTROLES, DISPOSITIVOS ANEXOS Y TUBERÍAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

4.1 Controles

Los controles de refrigerantes son dispositivos cuya finalidad es controlar el flujo de refrigerante en diversos puntos a lo largo del ciclo de refrigeración. A diferencia de las antiguas plantas, en donde se usaban principalmente controles manuales, en la actualidad muchos sistemas industriales de refrigeración están automatizados.

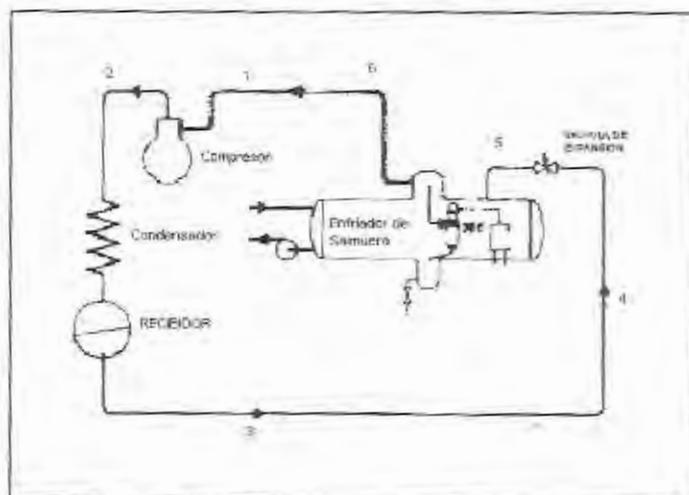


FIGURA 4.0
Esquema de
un Circuito
Refrigerante

La Figura 4.0 es una representación muy simple de un circuito refrigerante al que podemos usar controles de refrigerante en los siguientes puntos:

1. Válvulas de expansión, usadas para regular el flujo de líquido refrigerante hacia el evaporador;
2. Reguladores en la línea de succión, utilizados para controlar el flujo de gas de refrigerante proveniente del serpentín del evaporador. Este tipo de válvula también es llamado regulador de presión de retorno o regulador de presión del evaporador;
3. Válvulas de solenoide, usadas en líneas de líquido, de succión o de descarga para interrumpir el flujo según demanda de alguno de los diversos tipos de dispositivos sensores de temperatura o presión;
4. Válvulas de Retención (check), usadas para evitar que el flujo de gas del condensador regrese al compresor durante los ciclos en que no trabaja. Estas válvulas deben instalarse también en líneas de succión en las que presiones mayores (de la descongelación, etc.) pudiesen pasar a otros evaporadores en el mismo circuito;
5. Válvulas inversoras, utilizadas en aplicaciones de bombas de calor o ciclos de descongelación para cambiar el flujo de refrigerante;
6. Descongelación con gas caliente en los sistemas múltiples.

Válvulas de Expansión.- “Válvula de Expansión” es el término con que generalmente en la industria se designa cualquier dispositivo que dosifique o regule el flujo de refrigerante líquido hacia un evaporador. Tiene dos propósitos: 1) Reducir la presión del refrigerante líquido y 2) Regular el flujo de refrigerante hacia el evaporador. Por esta razón divide los lados de alta y baja presión del sistema.

Existen seis tipos básicos de válvulas de expansión: 1) Tubos Capilares; 2) Válvulas manuales de expansión; 3) Válvulas automáticas de expansión; 4) Válvulas termostáticas de expansión; 5) Flotadores del lado de baja; y 6) Flotadores del lado de alta.

En nuestro caso en particular, por tener un Sistema de Refrigeración Indirecta con Salmuera (disolución de agua de mar con Cloruro de Sodio – Na Cl), el evaporador que usa es del tipo de Evaporador Multitubular Horizontal para amoníaco. (Ver figura 4.1)

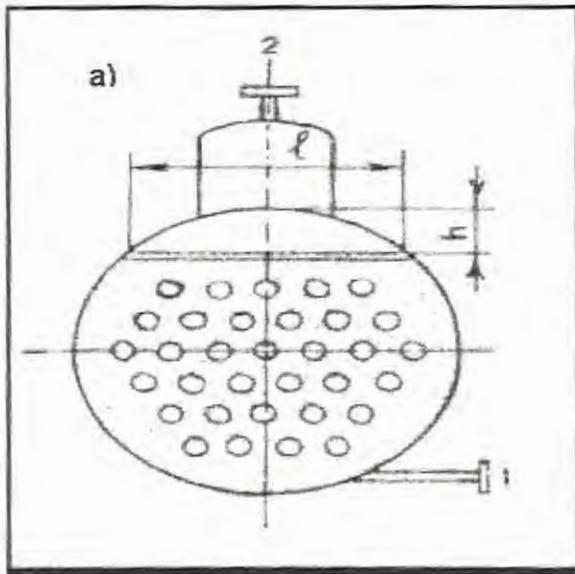
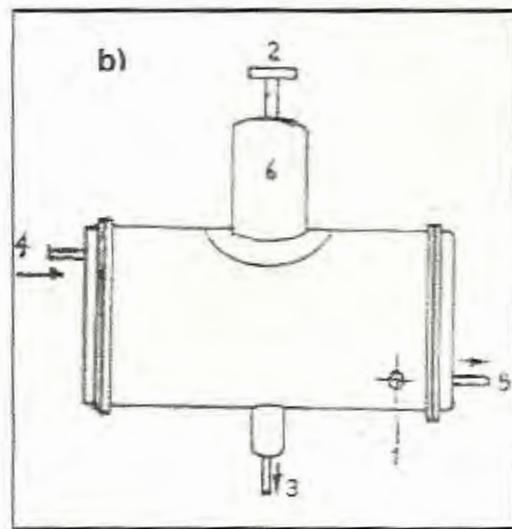


FIGURA 4.1. a) Vista frontal en corte de evaporador Multitubular Horizontal de, NH₃

FIGURA 4.1. b) Vista Lateral.

1. Entrada de Refrigerante.
2. Salida de Refrigerante.
3. Depósito de Aceite.
4. Entrada de Salmuera.
5. Salida de Salmuera.
6. Domo de Separación de Líquido



Las válvulas de Control más comúnmente usadas son:

Válvula Manual de Expansión.- (Ver Figura 4.2.) Es una válvula del tipo de globo con un asiento de aguja en los diámetros menores y un asiento cónico tipo tapón en los mayores. Las ventajas principales de una válvula manual de expansión son su simplicidad y su bajo costo inicial. Además, debido a su construcción simple hay muy poca probabilidad que falle. Durante algún tiempo ésta fue la única válvula de expansión, pero ahora la han desplazado rápidamente y actualmente la usan como una válvula de desvío alrededor de las válvulas automáticas de control para permitir la operación en caso de falla de la válvula automática y durante las reparaciones. Algunos sistemas de control de evaporador inundado también están provistos de éste tipo de válvulas para estrangulamiento y control del líquido.

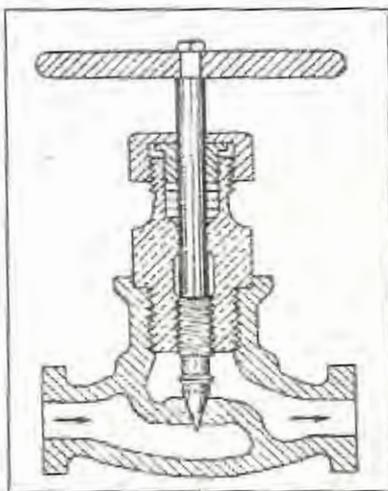


FIGURA 4.2. Válvula Manual de Expansión de Aguja para Control Fino.



Válvulas de Flotador.- (Ver Figura 4.3.) Hay de dos tipos: Válvulas de Flotador del lado de alta y las del lado de baja presión. Se llaman así debido a su ubicación en las porciones de alta o baja presión en los sistemas de refrigeración. Es activada por elementos como una bola hueca, mecanismos para un pivot, y una válvula de aguja que es la que permite el cierre o el paso del refrigerante líquido.

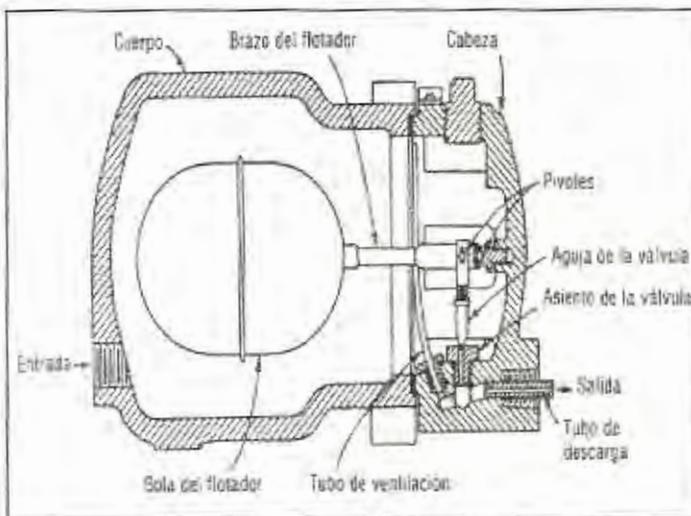


FIGURA 4.3. a) La Válvula del Flotador del **Lado de Alta** tiene un tubo de ventilación muy delgado que se muestra aquí.

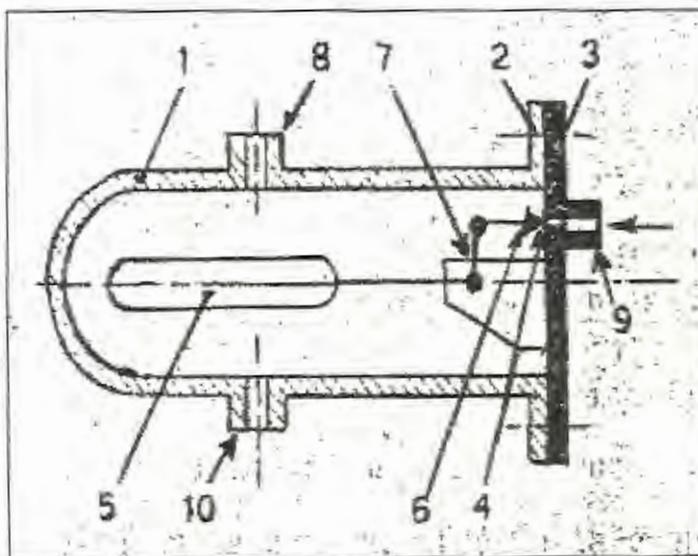


FIGURA 4.3 b) Válvula Flotador de Baja Presión.

- 1. Cuerpo de Válvula.
- 2. Bridas
- 3. Bridas
- 4. Asiento de Válvula.
- 5. Flotador
- 6. Válvula.
- 7. Articulación.
- 8. Conexión para tubo igualador de presión.
- 9. Entrada de Refrigerante.
- 10. Salida de Refrigerante

Controladores de Presión.- (Ver Figura 4.10. a.).- Llamados también Presostatos, operan abriendo o cerrando circuitos de control del motor del compresor para evitar un aumento excesivo de la presión en el compresor (Alta presión), o evitando que el compresor trabaje en vacío y el sistema succione el aceite del cárter del compresor dejándolo sin lubricante a éste (Baja Presión). Puede trabajar, como dispositivo, de manera combinada, es decir, una sola caja con el mismo principio de funcionamiento de los otros dos dispositivos anteriormente mencionados.

Presostato de Aceite.- (Ver Figura 4.10. b.).- Es conocido como presostato diferencial de aceite, cuyo objetivo es conectar y desconectar el compresor o el motor del mismo, cuando la diferencia de presión, entre la presión del cárter y la bomba de aceite es inferior a la presión de trabajo del sistema de lubricación. El diferencial fluctúa de 1.5 a 2 Kg. / cm² sobre el valor de la presión de aspiración del compresor (Ref. 1).

Ref. 1 Instalaciones Frigoríficas para Buques Pesqueros, Ing. Ángel Vargas Zúñiga, Primera Edición, 1979.

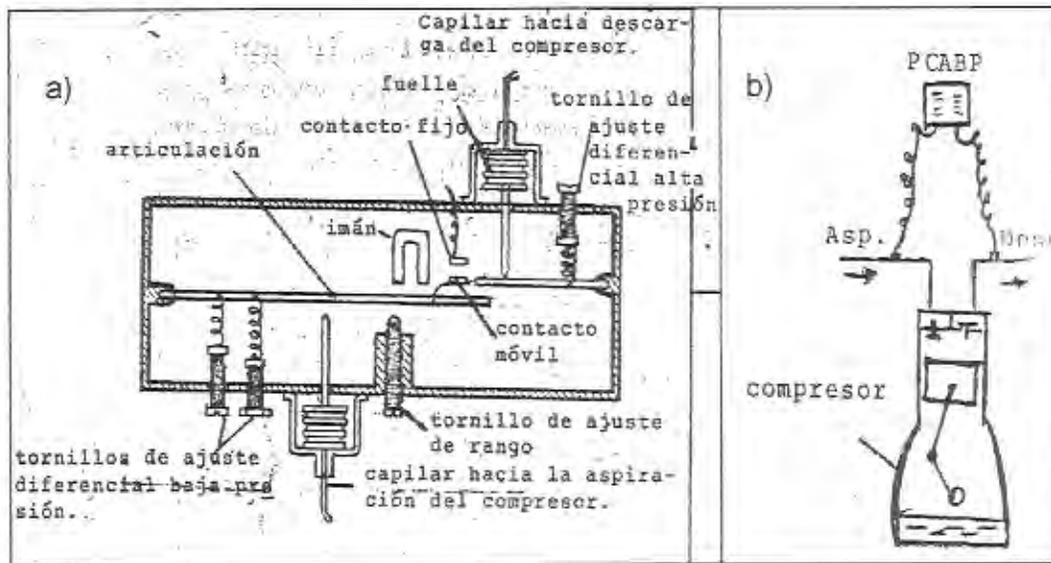


FIGURA 4.10. a) Esquema de Presostato combinado de Alta y Baja Presión (PCABP) b) Disposición del Presostato PCABP con respecto al Compresor,

4.2 Dispositivos Anexos.

Los dispositivos anexos son todos aquellos que prestan un servicio complementario a fin de asegurar un mejor funcionamiento de las instalaciones frigoríficas. Entre estos dispositivos tenemos:

- a. Separador de aceite
- b. Botella de líquido
- c. Deshidratador
- d. Visor
- e. Botellas separadoras de líquido
- f. Intercambiadores de líquido-vapor

Separador de Aceite.- (Ver Figura 4.11.) Como sabemos, el aceite se mezcla con el refrigerante siendo arrastrado por éste fuera del compresor, por lo tanto se hace necesario separar este aceite inmediatamente que sale del compresor para recuperarlo y retornarlo al cárter del mismo y para ello se debe hacer uso del separador de aceite mediante el principio de funcionamiento: a) Por cambio brusco de dirección, b) Por reducción brusca de velocidad, c) Por choque en las paredes.

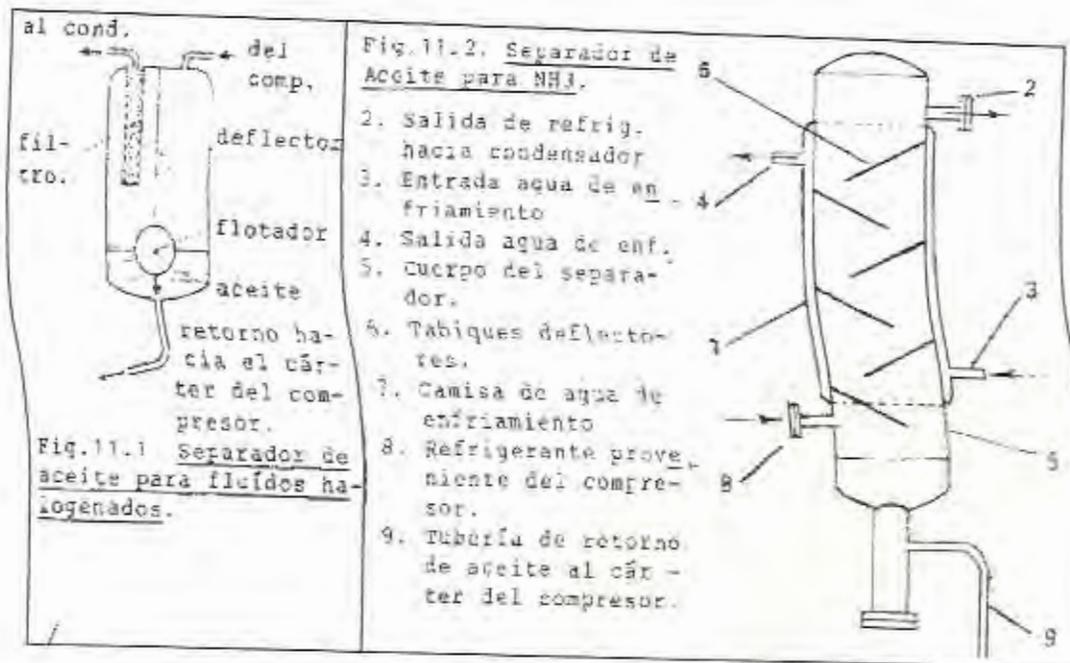


FIGURA 4.11. Separador de Aceite para NH₃

Una buena selección podría ser un Separador de Aceite Marca DANFOSS Modelo OUB 16 para sistemas de refrigeración con amoníaco.

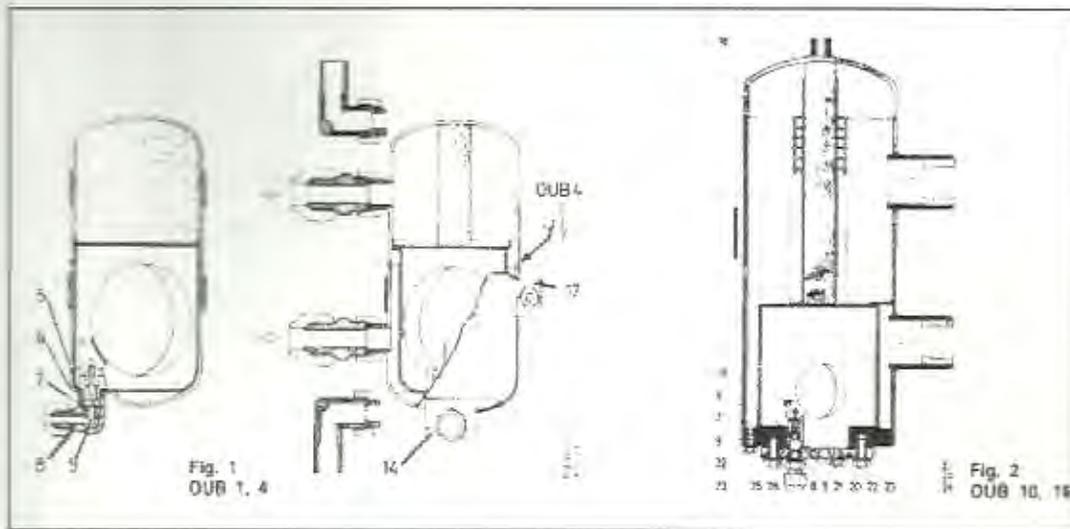


FIG. 4.12. Separador de Aceite Marca DANFOSS Modelo OUB 16

Botella de Líquido.- (Ver Figura 4.13.) Es usada con el fin de acumular o recibir el refrigerante que se ha licuado en el condensador y para controlar la cantidad de refrigerante que hay en el sistema.

Estas botellas son de acero sin costura por lo general y en algunos casos llevan mirillas o niveles para controlar la cantidad de refrigerante líquido que se encuentra en la botella, se la conoce también como Recibidor, Receptor, o Botella Acumuladora de Líquido (Receiver).

Una buena alternativa es un recibidor de líquido Mod. AV-1406 Size 14-70 Marca AMM WP-24" x 10".

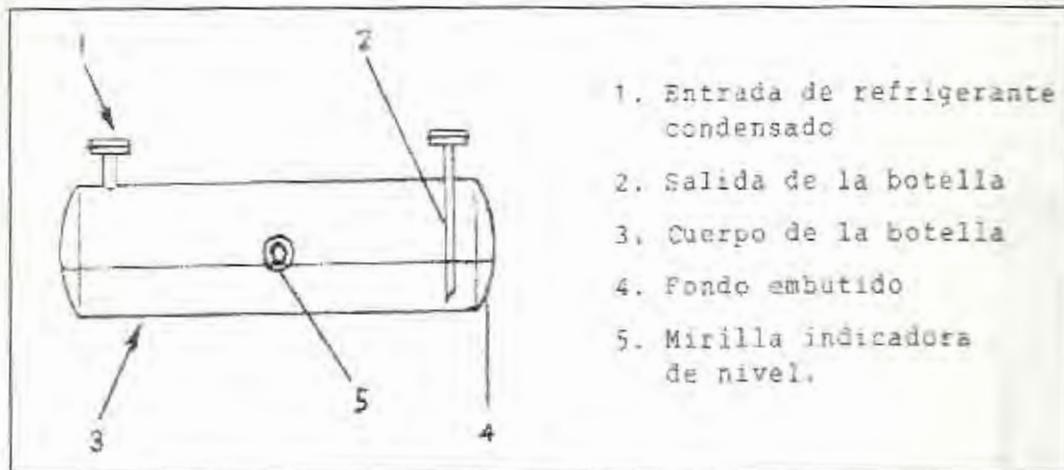


FIGURA 4.13. Botella de Líquido (Receptor)

Deshidratador.- (Ver Figura 4.14.) El objetivo del filtro deshidratador es eliminar la humedad que pueda contener el refrigerante, la misma que podría causar:

- a) Obstrucciones o bloqueos en la válvula de expansión, b) contaminación del aceite del compresor o c) corrosión de las tuberías.

La humedad puede entrar al circuito frigorífico de tres maneras: a) por el refrigerante mismo, si es que no viene completamente puro de fábrica o al ser trasvasiado de un recipiente a otro; b) en la operación de carga de refrigerante al circuito frigorífico al no tener precaución de no dejar entrar el aire húmedo al sistema, c) al efectuar revisiones, cambio de piezas en el compresor y partes del sistema y no se cuidó de evitar el ingreso del aire al

mismo. Pueden ser desechables o regenerables. Van ubicados a la salida de la botella de líquido y generalmente se instalan con un by-pass para poder cambiarlo cuando se requiera.

Se puede seleccionar un deshidratador del tipo regenerable como el FILTER DRIER V8096 1-1/4" SW.

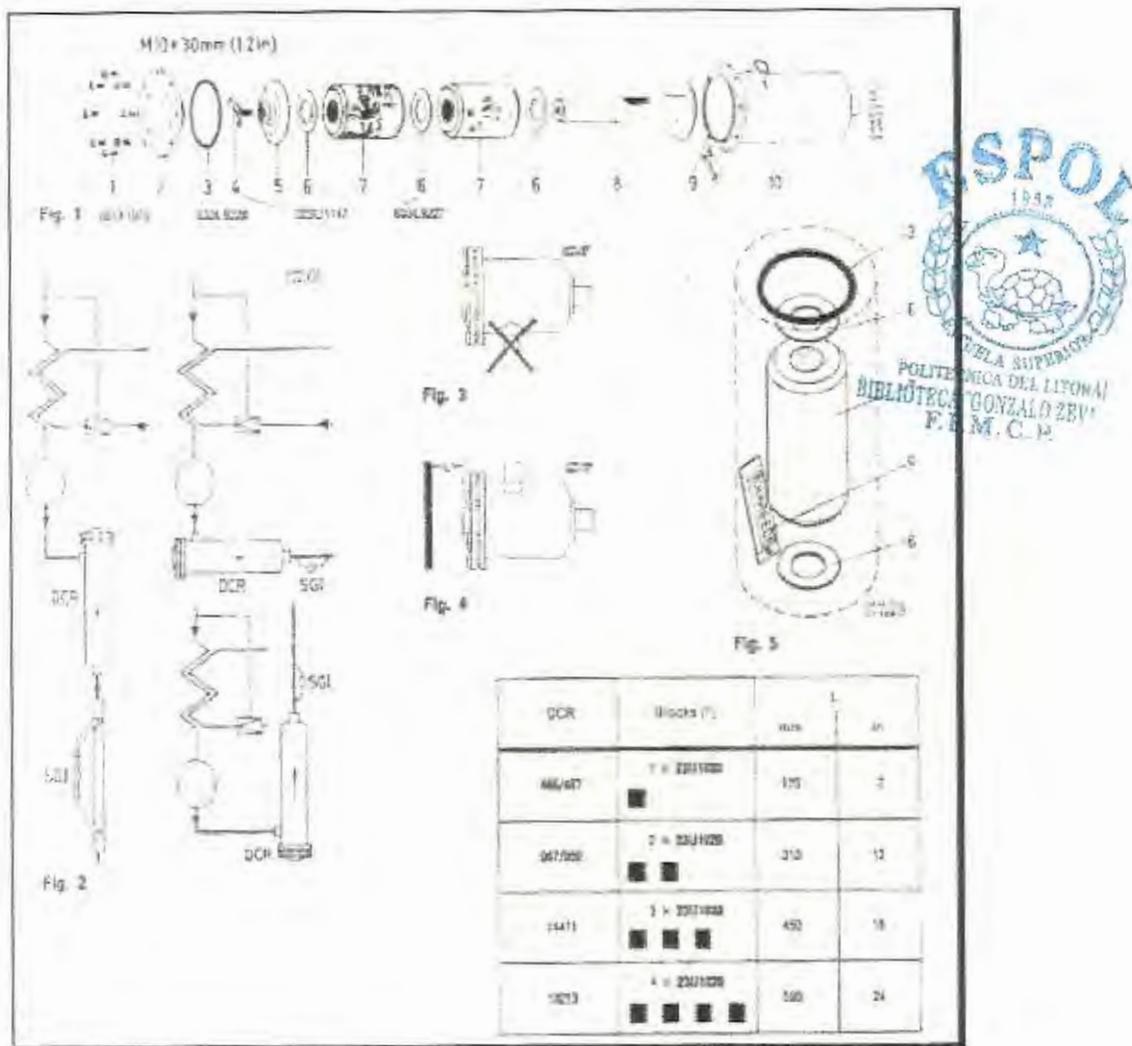


FIGURA 4.14. Deshidratador Tipo Regenerable

Visores de Líquido.- (Ver Figura 4.15) Son mirillas de cristal que van instaladas en la línea de líquido a continuación del deshidratador y antes de la válvula de expansión. Su objetivo es el de servir como indicación de que el líquido refrigerante se encuentre fluyendo y de esa manera poder también darse cuenta si falta refrigerante al sistema. Algunos visores son también indicadores de humedad del refrigerante. Generalmente se usa un color verde para indicar que no hay humedad (Dry) y éste cambia a amarillo o verde (Wet) cuando existe humedad.

Se puede disponer de un Visor de líquido marca DANFOSS tipo SGR.

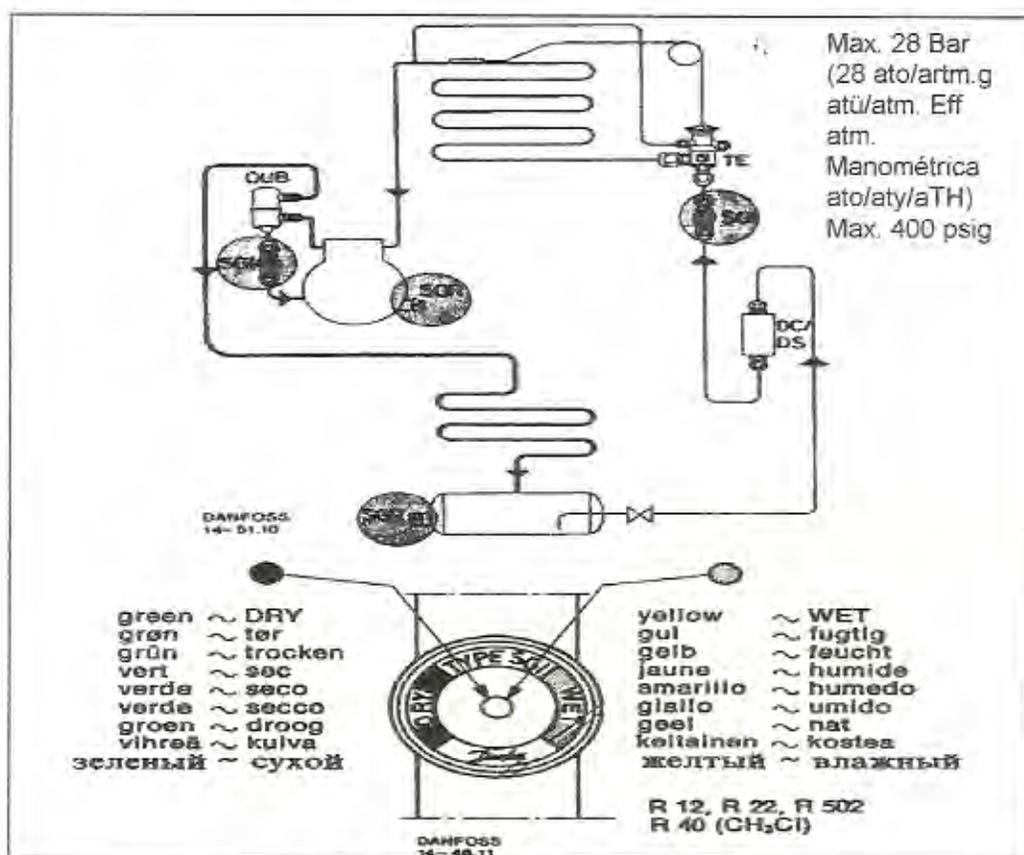


FIGURA 4.15. Visor de Líquido Marca DANFOSS (SGR)

Filtros .- (Ver Figura 4.16.) Se componen básicamente de un cuerpo, de latón o fundición, un cartucho filtrante que tiene la forma de malla hecha de latón, monel, bronce o acero, y van montados generalmente en la tubería de líquido, después del deshidratador poco antes de la entrada a la válvula de expansión.

Se puede seleccionar filtro como el Strainer Element 848-ST (4-3/4" O.D. Shell Filter).

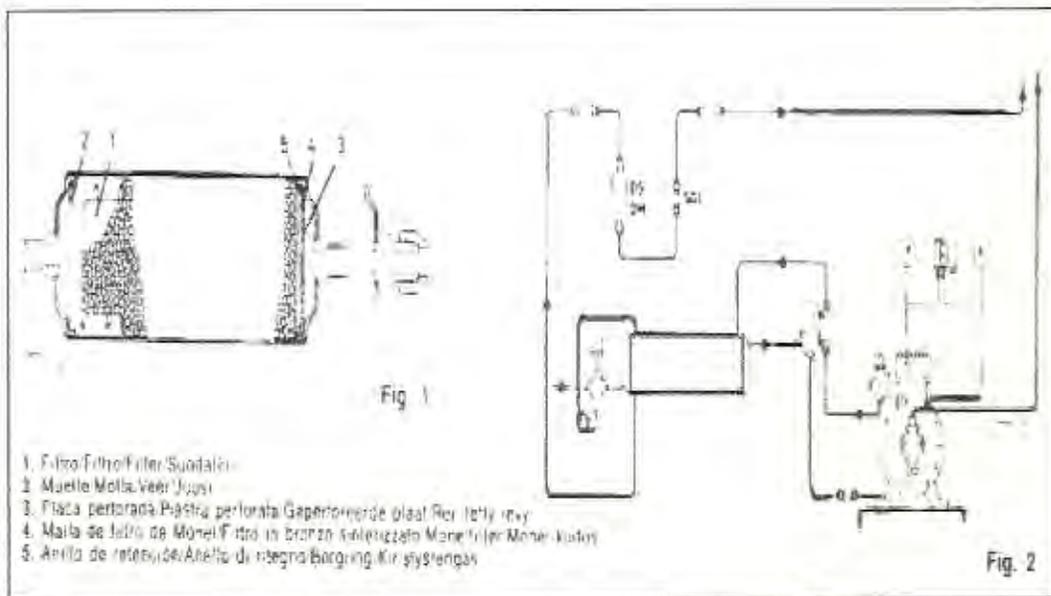


FIGURA 4.16. Filtro tipo Strainer Element 848-ST

4.3 Cálculo de Tuberías de Succión, Descarga y de Líquido.

Los objetivos fundamentales para tomar en cuenta durante el diseño de tuberías son:

1. Proveer de un medio en que circule el refrigerante correctamente, y
2. Proveer de un medio para que el aceite retorne al compresor.

Es necesario considerar el material a utilizarse y ciertas disposiciones fundamentales.

Selección del Material.- Los materiales que se utilizan en las tuberías frigoríficas son indistintamente cobre o acero, pero debemos especificar que la selección depende también del refrigerante que se va a circular por el circuito. Con la mayor parte de refrigerantes pueden usarse cualquiera de los dos materiales enunciados, pero en el caso del refrigerante Amoníaco (NH_3) se utilizan únicamente tuberías de acero, por cuanto este refrigerante ataca al cobre y sus aleaciones.

Consideraciones Prácticas.- Entre las principales tenemos las siguientes:

- Dimensionar las tuberías lo más corta posibles, para ahorrar costos y evitar caídas de presión demasiado grandes.

- Limitar la caída de presión en el Conducto de Aspiración a 0.210 Kg / cm^2 , para evitar una disminución de la eficiencia Volumétrica N_v y para que el recalentamiento sea pequeño.
- Limitar la caída de presión en el Conducto de Líquido a 0.280 Kg / cm^2 , para evitar: Un mal rendimiento del compresor; Evaporación del líquido en la tubería; Disminución de la capacidad de la Válvula de Expansión.
- Los valores prácticos de las velocidades recomendadas a adoptar para el refrigerante Amoniaco (NH_3) son (Ref. 2):
- Velocidades en la tubería de descarga del compresor: 20 a 25 m / seg .
- Velocidades en la tubería de líquido refrigerante; $0,5$ a $1,25 \text{ m / seg}$.
- Velocidades en la tubería de aspiración: 15 a 20 m / seg .
- Es conveniente colocar aislante térmico en las tuberías de aspiración y en las tuberías de líquido.

Tomando en consideración las recomendaciones antes mencionadas y aplicando las ecuaciones:

$$m^{\circ} = \rho \ V \ A$$

Ref. 2 Curso de Refrigeración – Ing. Ángel Vargas Zúñiga, ESPOL, 1974
Capítulo # 7.

Donde:

m° .- Caudal Másico que circula por el evaporador para suministrar la potencia frigorífica Q_f . (en Kg. / Hr.).

V.- Velocidad de circulación recomendada (m / seg.)

A.- Sección de la tubería (m²)

ρ .- Densidad específica del refrigerante a la temperatura de trabajo, y se conoce que es el valor inverso del Volumen específico (m³ / Kg.) obtenido de la Tabla Termodinámica y del Diagrama de Mollier del refrigerante Amoníaco. En la Tabla 9 están identificados estos valores y se despeja la incógnita d para determinar el diámetro interior de la tubería



TABLA 9

DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

CAUDAL MÁSIKO Kg. / Hora	Línea	Temperatura °Centigrados	Velocidad de Refrigeración m / seg. (m / hora)	Volúmen Específico (m ³ / Kg.)	Densidad Específica (Kg. / m ³)	Diámetro Interior (m)	Diámetro seleccionado (pulgadas)
	Descarga	135	25 90000	0.21	4.76	0.0708	3
2076.3	Líquido	33	1.0 3600	0.001693	590.67	0.035	1.5
	Succión	-20	18 64800	0.62	1.61	0.160	6.5

CAPÍTULO 5



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

POLITÉCNICA DEL LITORAL
ESCUELA "GONZALO ZEPALLOS"
P.I.M.C.P.

Luego del desarrollo la presente Tesis de Grado, se ha podido llegar a las siguientes Conclusiones:

1. La ubicación de las cubas de pescado en la embarcación B/P INDICO, y la distribución de tuberías dentro de las mismas se debió a las características constructivas y de diseño de la embarcación; y al tipo de pesca que va a trabajar. (Multipropósito).
2. Para el cálculo de la carga térmica se tomaron en cuenta las cargas térmicas externas que afectan en alguna manera la eficiencia del sistema de refrigeración a aplicarse; además que se consideró la carga térmica máxima necesaria para que las seis (6) cubas tuvieran las cargas térmicas internas en: Etapa de ENFRIAMIENTO, CONGELACIÓN Y SUBENFRIAMIENTO DEL PESCADO simultáneamente. (Carga Máxima).



3. Comparando el valor de la Carga Térmica referida en el numeral anterior a una t_f de -13°C y presentada en la Tabla # 7 (al final del Capítulo 2) de 576.984,11 Kcal/Hr, respecto al valor de la Carga Térmica a TEMPERATURAS COMBINADAS en las distintas cubas, como congelación, conservación y enfriamiento (representada en la Tabla # 10 al final del presente Capítulo, en 284.747,93 Kcal/Hr) notamos que la Carga Térmica se reduce a poco menos de la mitad.

4. Existiendo la clara posibilidad de no siempre trabajar a la Carga Térmica Máxima, sino con Cargas Térmicas Combinadas, se "divide" el Sistema de Refrigeración de tal modo que se puedan emplear dos equipos (Dos compresores, dos enfriadores de salmuera o evaporadores inundados para que puedan trabajar a diferentes temperaturas de evaporización según sea la necesidad del Buque; dos sistemas interconectados de distribución de tuberías para la circulación de salmuera dentro de las cubas de pescado; junto con dispositivos de control del refrigerante necesarios para trabajar a las temperaturas deseadas (Ver Anexos 2, 5.1 y 5.2).

5. De acuerdo a lo indicado en numeral 3.2.1 del Capítulo 3, el Sistema de Refrigeración seleccionado para aplicarse en el B/P INDICO es un Sistema de Refrigeración Indirecta en el que el medio congelante o REFRIGERANTE SECUNDARIO es el agua de mar previamente

- refrigerada y mezclada con Cloruro de Sodio (SALMUERA DE CLORURO DE SODIO); a lo que lleva a desarrollar un Método o Procedimiento de Congelación conocido como CONGELACIÓN POR INMERSIÓN de los productos en contacto con salmuera (o Disoluciones Salinas), considerando factores como: a) El Amoníaco es un refrigerante muy comúnmente usado en sistemas de refrigeración de embarcaciones pesqueras; b) El Cloruro de Sodio - ClNa - en grano, necesario para la formación de la Salmuera, también es fácil conseguirlo; c) Apoyo logístico para conseguir los implementos, partes y repuestos para el sistema de refrigeración por similitudes en plantas en tierra.
6. Como el trazado del ciclo termodinámico va en relación a las temperaturas de evaporización y condensación que el Equipo de Refrigeración va a trabajar en la embarcación. Se escogió $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+33\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente.
 7. Seleccionar un Condensador capaz de absorber una potencia calorífica de $732417,11\text{ Kcal / Hr}$, con una temperatura de operación de $+33\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 11.9 Kg/cm^2 .
 8. Seleccionar dos evaporadores que operen a temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, según sea la necesidad a presiones de -0.83 o 3.06 Kg/cm^2 respectivamente.



9. Los compresores seleccionados para operar a estos requerimientos son de Marca VILTER Modelo VMC 4416 con capacidad de generar una potencia de 95 Tons de refrigeración o 206,18 BHP cada uno.

Recomendaciones:

1. Ubicar e instalar los equipos del Sistema de refrigeración lo mas cercano posible uno del otro , para disminuir al máximo perdidas de presión por la fricción dentro de las tuberías, así como para poder llevar un mejor control del funcionamiento de cada uno de estos equipos por parte del operador de los equipos.
2. Todas las tuberías del circuito refrigerante, tuberías de circulación de salmuera, y enfriadores de salmuera deben estar correcta y apropiadamente aisladas para evitar perdidas de temperatura en las cubas. Puede ser del mismo espesor y aislamiento que se empleo en la Bodega de pescado (poliuretano expandido).
3. Instalar "trampas" para residuos de escamas de tal manera que no puedan obstaculizar los orificios o tomas de agua para ser recirculada en las cubas. Estas tuberías de entrega o llenado del agua, así como las de succión del agua para recirculación, por estar en contacto directo interna y externamente dentro de las cubas, en

un medio altamente corrosivo, deben ser de Cloruro de Polivinilo Expandido (PVC) de espesores resistentes a la circulación de la Salmuera a la presión de las Bombas.

4. Aplicar el Sistema de Refrigeración obtenido en la presente Tesis de Grado.

TABLA 10

DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS TÉRMICAS TOTALES. (QT)

IDENTIFICACIÓN	SUPERFICIE (m2)	VOLUMEN (m3)	PESO PRODUCTO (Kg)	Tc (°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	CARGAS INTERNAS (Kcal / Hr)		CARGAS EXT. (Kcal / Hr)		Qt (Kcal / Hr)
							Qu21 Qu22 Qu23 SUMA		Qp1 Qp3		
CUBA Nº 1 y 2 CARGA MAXIMA	78,56	42,00	35700,00	-2	28	-13	20081,25 91830,00 3783,375 SUMA 115474,625		1271,98 4669,86 Qt2		121416,47
CUBA Nº 3 y 4 ENFRIAMIENTO	66,57	33,73	28670,50	-2	28	1,1	16127,16 SUMA 16127,16		933,82 682,44 Qt4		17743,42
CUBA Nº 5 y 6 CONSERVACION	56,82	24,02	20417,00	-2	28	-13	2152,29 SUMA 2152,29		938,17 123,62 Qt6		3214,08
<p>POR SER SIMETRICAS LAS CUBAS DEL COSTADO DE BAVOR CON LAS CUBAS O TANQUES DEL COSTADO DE ESTRIBOR, EL VALOR DE LA CARGA TÉRMICA TOTAL SE LA OBTIENE,</p> <p style="text-align: right;">QT = 2 (Qt2 + Qt4 + Qt6)</p>											284747,93

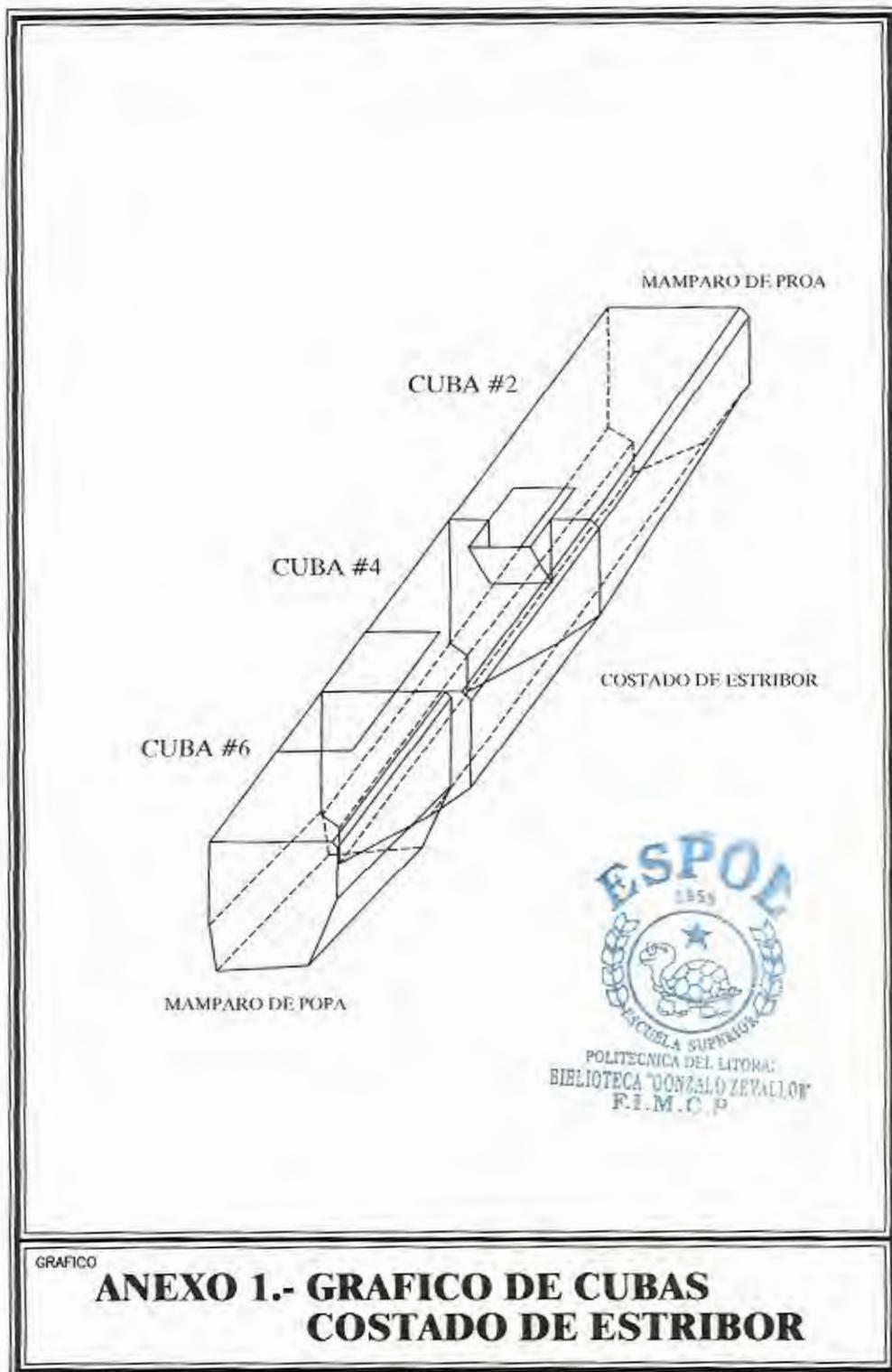
DATOS REFERENCIALES: (Del Pescado de mar)

Ce (Kcal / Kg - °C) 0,45
 Ci (Kcal / Kg - °C) 0,23
 Ic (Kcal / Kg) 61,6

QT (Tons. De Refrigeración)

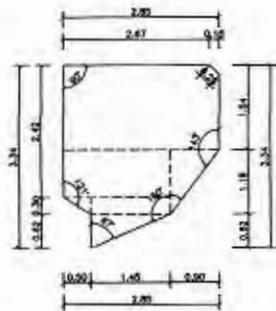
94,16



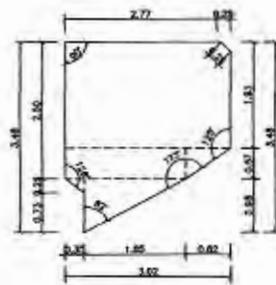


GRAFICO

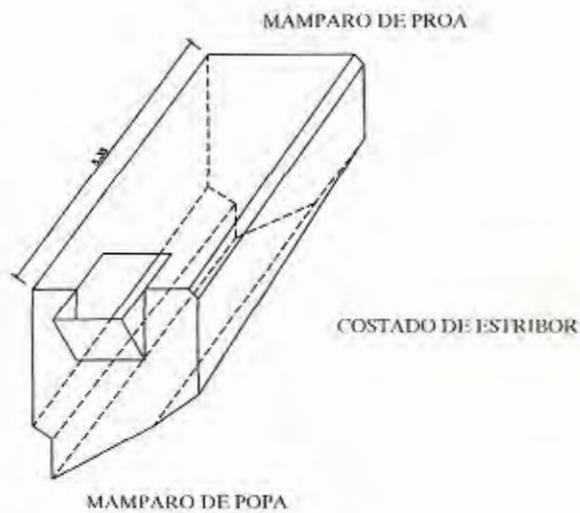
**ANEXO 1.- GRAFICO DE CUBAS
COSTADO DE ESTRIBOR**



MAMPARO DE POPA

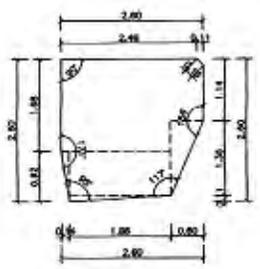


MAMPARO DE PROA

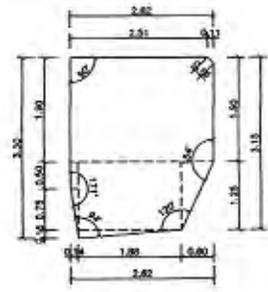


GRAFICO

ANEXO 1.1.- GRAFICO DE LA CUBA #2

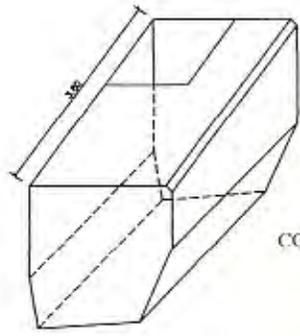


MAMPARO DE POPA



MAMPARO DE PROA

MAMPARO DE PROA

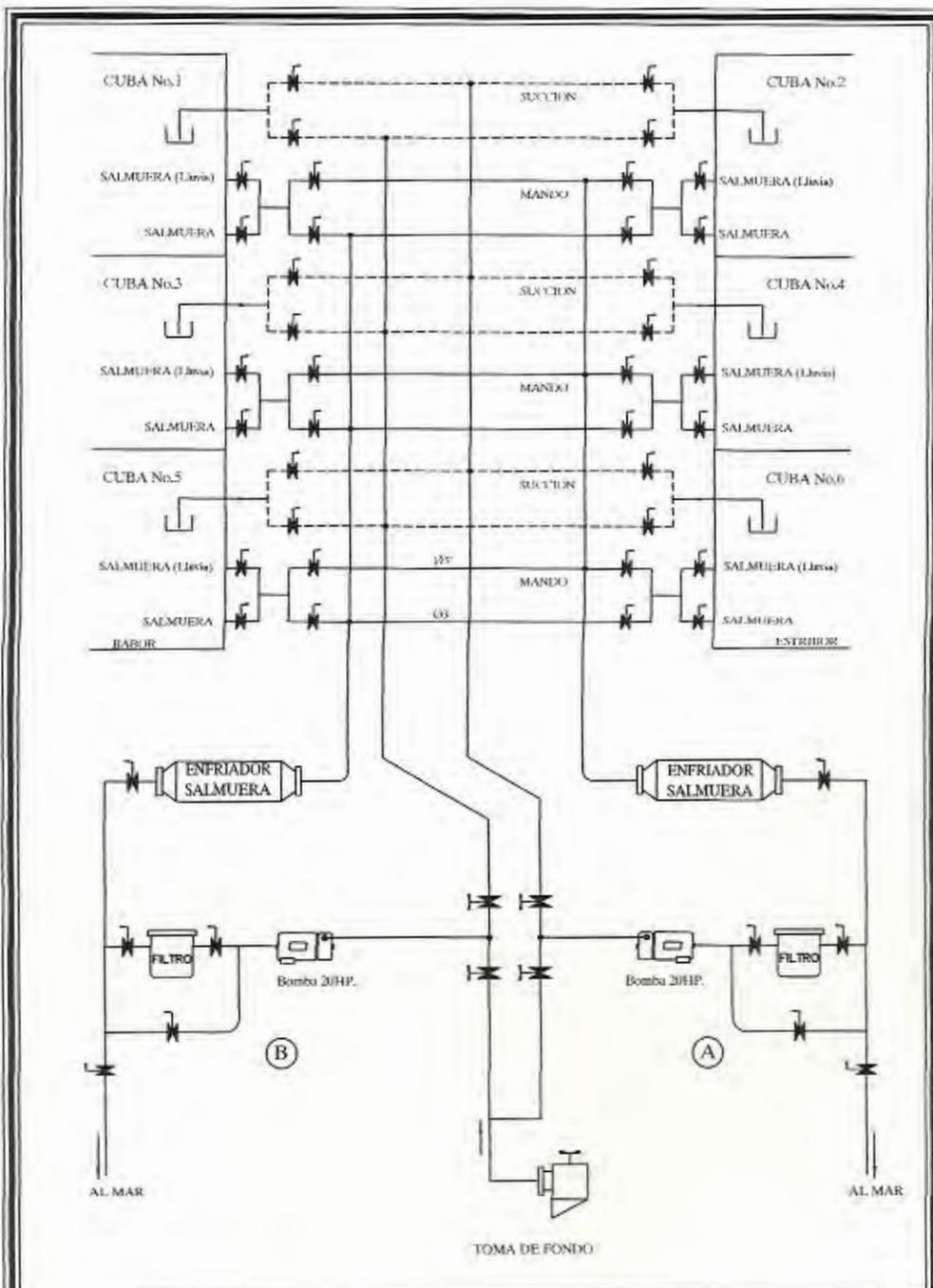


COSTADO DE ESTRIBOR

MAMPARO DE POPA

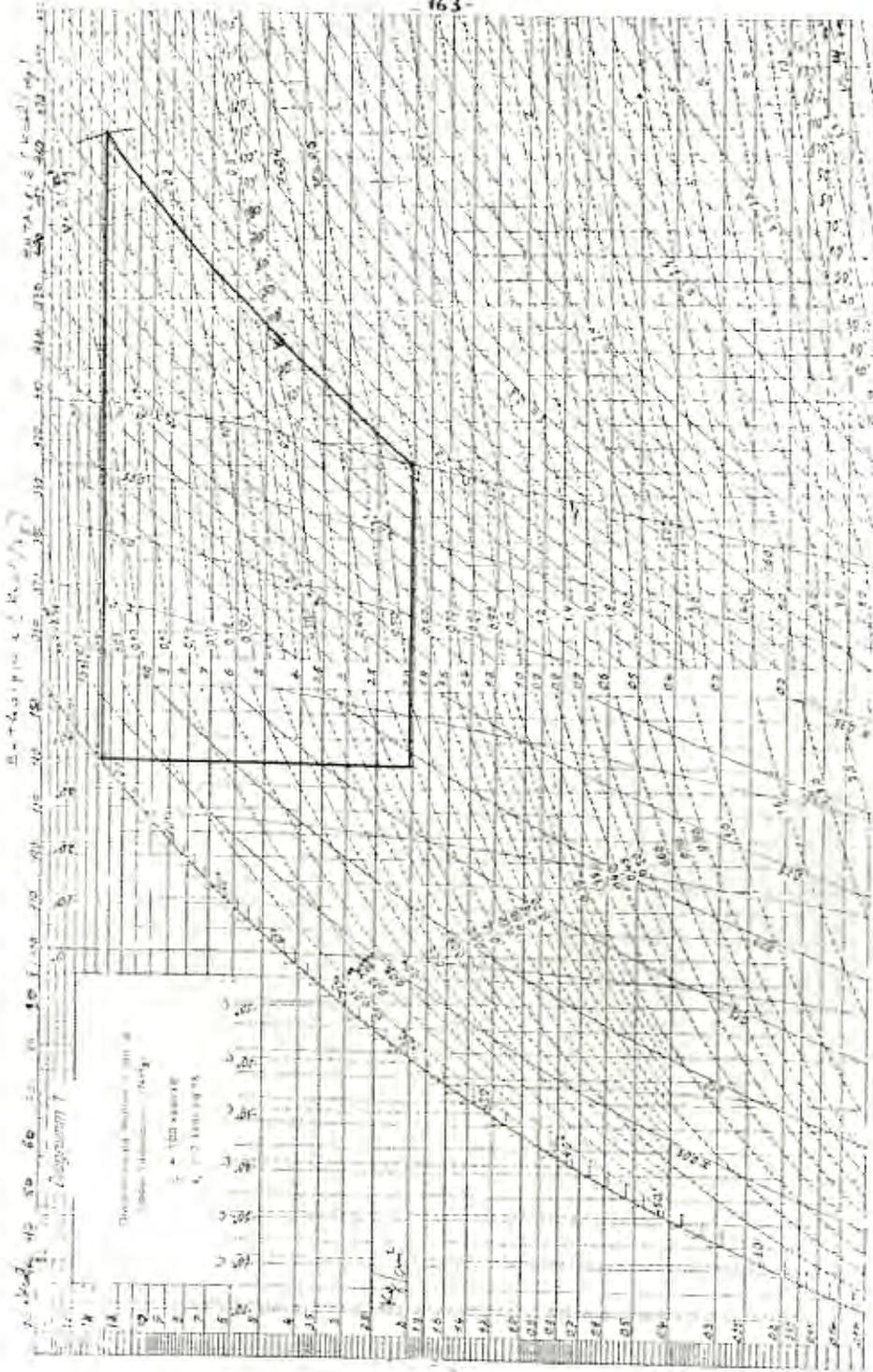
GRAFICO

ANEXO 1.3.- GRAFICO DE LA CUBA #6



GRAFICO

ANEXO 2.- CIRCUITO DE SALMUERA



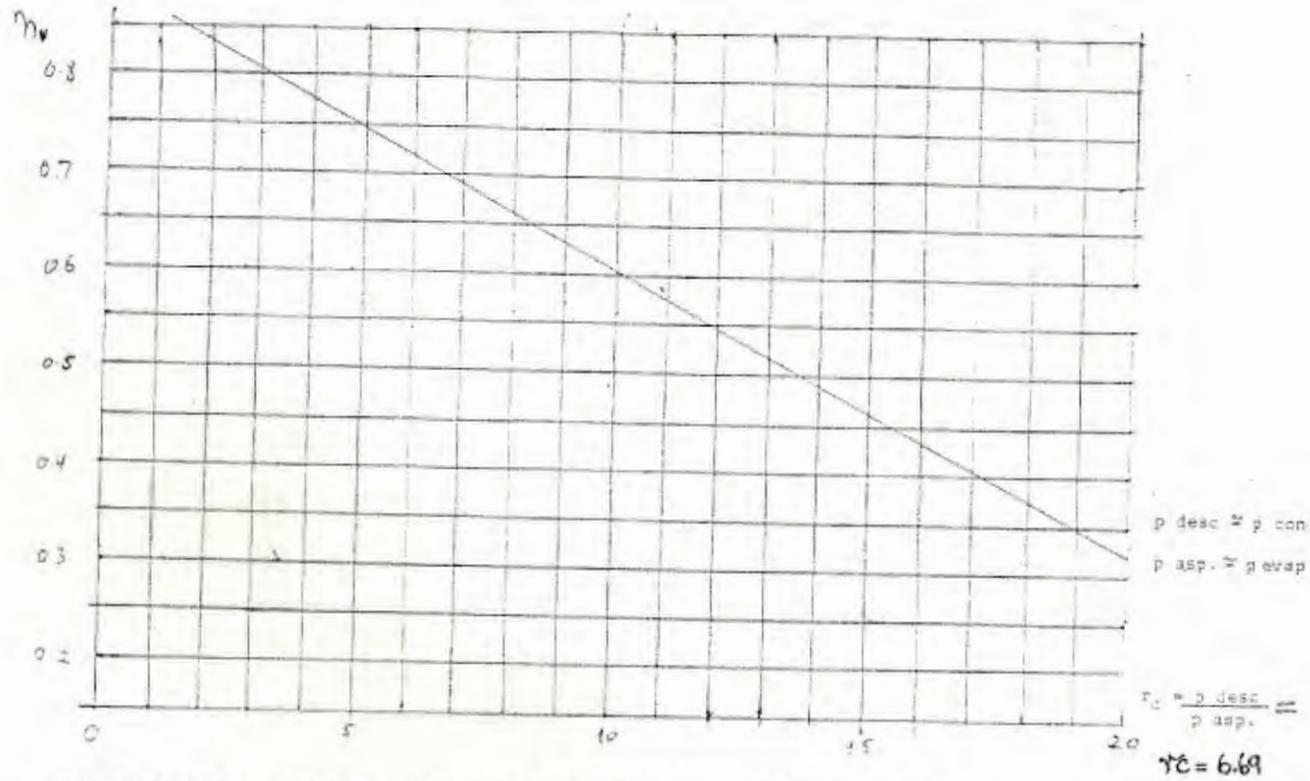
ANEXO 3. Ciclo estándar de Refrigeración en Diagrama Mollier para Amoniaco

Temperatura t °C	Presión absoluta p kg/cm ²	Volumen específico		Densidad específica		Entalpía		Calor de vaporización r = v' - v'' kcal/kg	Entropía	
		de líquido v' l/kg	de la vapor v'' m ³ /kg	de líquido γ' kg/l	de la vapor γ'' kg/m ³	de líquido h' kcal/kg	de la vapor h'' kcal/kg		de líquido s' kcal/kg ^o K	de la vapor s'' kcal/kg ^o K
+ 5	3,258	1,3834	0,2437	0,8317	4,208	101,34	402,80	291,26	1,0200	2,0887
+ 6	3,430	1,3865	0,2353	0,8305	4,290	106,83	403,04	296,39	1,0240	2,0899
+ 7	3,647	1,3901	0,2275	0,8289	4,395	107,76	403,27	299,51	1,0280	2,0929
+ 8	3,919	1,3935	0,2200	0,8273	4,546	108,87	403,50	294,83	1,0319	2,0999
+ 9	4,257	1,3972	0,2128	0,8261	4,700	109,99	403,73	293,74	1,0358	2,0970
+ 10	4,671	1,4008	0,2058	0,8247	4,859	111,11	403,95	292,84	1,0397	2,0941
+ 11	5,160	1,4045	0,1992	0,8233	5,022	112,23	404,17	291,94	1,0436	2,0912
+ 12	5,715	1,4081	0,1931	0,8218	5,189	113,35	404,38	291,03	1,0475	2,0883
+ 13	6,346	1,4118	0,1875	0,8204	5,361	114,47	404,59	290,12	1,0514	2,0854
+ 14	7,053	1,4156	0,1826	0,8190	5,537	115,59	404,79	289,20	1,0554	2,0826
+ 15	7,827	1,4193	0,1784	0,8175	5,718	116,72	404,99	288,27	1,0592	2,0798
+ 16	8,667	1,4231	0,1744	0,8161	5,904	117,85	405,19	287,34	1,0631	2,0770
+ 17	9,573	1,4270	0,1704	0,8145	6,094	118,99	405,38	286,40	1,0670	2,0742
+ 18	10,546	1,4308	0,1664	0,8130	6,289	120,11	405,57	285,46	1,0709	2,0714
+ 19	11,685	1,4347	0,1624	0,8114	6,489	121,24	405,75	284,51	1,0748	2,0686
+ 20	12,901	1,4386	0,1584	0,8100	6,694	122,38	405,93	283,55	1,0789	2,0658
+ 21	14,194	1,4426	0,1544	0,8088	6,904	123,52	406,10	282,58	1,0829	2,0630
+ 22	15,564	1,4466	0,1505	0,8077	7,119	124,66	406,27	281,61	1,0869	2,0602
+ 23	17,011	1,4507	0,1466	0,8068	7,339	125,80	406,43	280,63	1,0909	2,0574
+ 24	18,536	1,4548	0,1427	0,8060	7,564	126,94	406,59	279,65	1,0949	2,0546
+ 25	20,149	1,4590	0,1388	0,8052	7,795	128,09	406,75	278,66	1,0989	2,0518
+ 26	21,850	1,4632	0,1349	0,8045	8,031	129,24	406,89	277,66	1,1029	2,0490
+ 27	23,639	1,4675	0,1310	0,8039	8,273	130,39	407,03	276,65	1,1069	2,0462
+ 28	25,516	1,4718	0,1271	0,8033	8,521	131,54	407,17	275,64	1,1109	2,0434
+ 29	27,481	1,4762	0,1232	0,8028	8,775	132,69	407,30	274,62	1,1149	2,0406
+ 30	29,534	1,4806	0,1193	0,8023	9,034	133,84	407,43	273,59	1,1189	2,0378
+ 31	31,675	1,4851	0,1154	0,8017	9,300	135,00	407,55	272,55	1,1229	2,0350
+ 32	33,904	1,4896	0,1115	0,8011	9,573	136,16	407,67	271,50	1,1269	2,0322
+ 33	36,221	1,4942	0,1076	0,8006	9,852	137,32	407,78	270,45	1,1309	2,0294
+ 34	38,626	1,4988	0,1037	0,8001	10,138	138,48	407,89	269,39	1,1349	2,0266
+ 35	41,119	1,5035	0,0998	0,7996	10,431	139,65	407,99	268,32	1,1389	2,0238
+ 36	43,700	1,5082	0,0959	0,7991	10,733	140,82	408,09	267,24	1,1429	2,0210
+ 37	46,369	1,5130	0,0920	0,7986	11,043	141,99	408,18	266,15	1,1469	2,0182
+ 38	49,126	1,5178	0,0881	0,7981	11,361	143,16	408,27	265,06	1,1509	2,0154
+ 39	51,971	1,5227	0,0842	0,7976	11,687	144,34	408,36	263,96	1,1549	2,0126
+ 40	54,904	1,5276	0,0803	0,7971	12,021	145,52	408,44	262,85	1,1589	2,0098
+ 41	57,925	1,5326	0,0764	0,7966	12,363	146,70	408,52	261,73	1,1629	2,0070
+ 42	61,034	1,5376	0,0725	0,7961	12,714	147,88	408,59	260,60	1,1669	2,0042
+ 43	64,231	1,5427	0,0686	0,7956	13,074	149,06	408,66	259,47	1,1709	2,0014
+ 44	67,516	1,5478	0,0647	0,7951	13,443	150,24	408,73	258,33	1,1749	1,9986
+ 45	70,889	1,5530	0,0608	0,7946	13,821	151,43	408,80	257,18	1,1789	1,9958
+ 46	74,350	1,5582	0,0569	0,7941	14,209	152,62	408,87	256,02	1,1829	1,9930
+ 47	77,899	1,5635	0,0530	0,7936	14,607	153,81	408,94	254,85	1,1869	1,9902
+ 48	81,536	1,5688	0,0491	0,7931	15,014	155,01	409,01	253,67	1,1909	1,9874
+ 49	85,261	1,5742	0,0452	0,7926	15,431	156,20	409,08	252,48	1,1949	1,9846
+ 50	89,074	1,5796	0,0413	0,7921	15,858	157,39	409,15	251,29	1,1989	1,9818
+ 51	92,975	1,5851	0,0374	0,7916	16,295	158,58	409,22	250,09	1,2029	1,9790
+ 52	96,964	1,5906	0,0335	0,7911	16,742	159,77	409,29	248,88	1,2069	1,9762
+ 53	101,041	1,5962	0,0296	0,7906	17,199	160,96	409,36	247,66	1,2109	1,9734
+ 54	105,206	1,6018	0,0257	0,7901	17,666	162,15	409,43	246,44	1,2149	1,9706
+ 55	109,459	1,6075	0,0218	0,7896	18,143	163,34	409,50	245,21	1,2189	1,9678
+ 56	113,799	1,6133	0,0179	0,7891	18,630	164,53	409,57	243,98	1,2229	1,9650
+ 57	118,226	1,6191	0,0140	0,7886	19,127	165,72	409,64	242,74	1,2269	1,9622
+ 58	122,740	1,6250	0,0101	0,7881	19,634	166,91	409,71	241,49	1,2309	1,9594
+ 59	127,341	1,6309	0,0062	0,7876	20,151	168,10	409,78	240,24	1,2349	1,9566
+ 60	132,028	1,6369	0,0023	0,7871	20,678	169,29	409,85	238,98	1,2389	1,9538
+ 61	136,801	1,6429	0,0004	0,7866	21,215	170,48	409,92	237,71	1,2429	1,9510
+ 62	141,659	1,6490	0,0000	0,7861	21,762	171,67	410,00	236,44	1,2469	1,9482
+ 63	146,602	1,6551	0,0000	0,7856	22,319	172,86	410,08	235,16	1,2509	1,9454
+ 64	151,629	1,6613	0,0000	0,7851	22,886	174,05	410,16	233,88	1,2549	1,9426
+ 65	156,740	1,6675	0,0000	0,7846	23,463	175,24	410,24	232,59	1,2589	1,9398
+ 66	161,935	1,6738	0,0000	0,7841	24,050	176,43	410,32	231,29	1,2629	1,9370
+ 67	167,214	1,6801	0,0000	0,7836	24,647	177,62	410,40	229,98	1,2669	1,9342
+ 68	172,577	1,6865	0,0000	0,7831	25,254	178,81	410,48	228,67	1,2709	1,9314
+ 69	178,024	1,6929	0,0000	0,7826	25,871	180,00	410,56	227,35	1,2749	1,9286
+ 70	183,555	1,6994	0,0000	0,7821	26,498	181,19	410,64	226,03	1,2789	1,9258

ANEXO 3.1 Tabla del Refrigerante Amoníaco (NH₃)

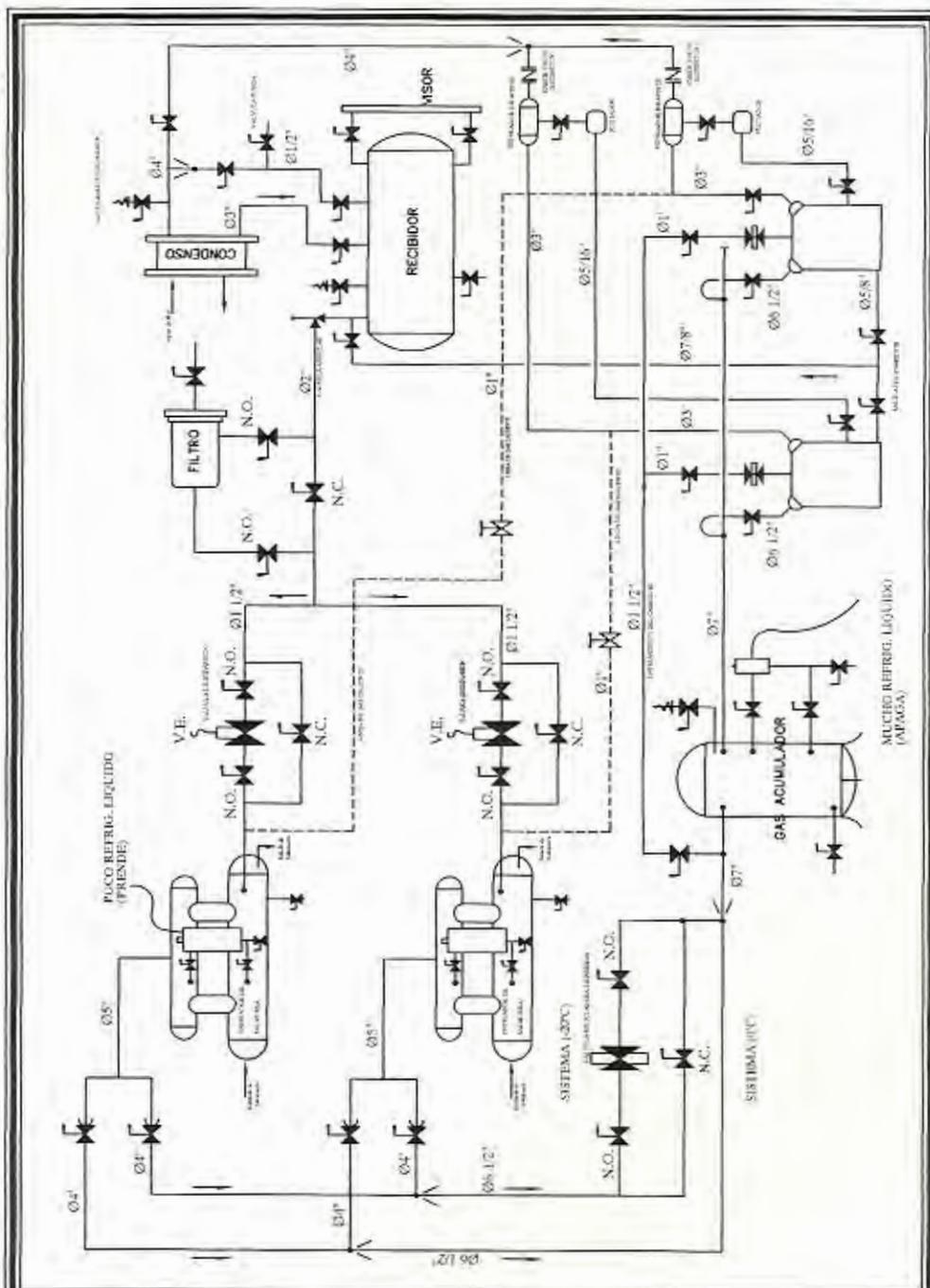
CURVA DE RENDIMIENTO VOLUMETRICO VS RELACION (TASA) DE COMPRESION

Nota: Se asume que esta curva es válida para todos los compresores y fluidos refrigerantes considerados:



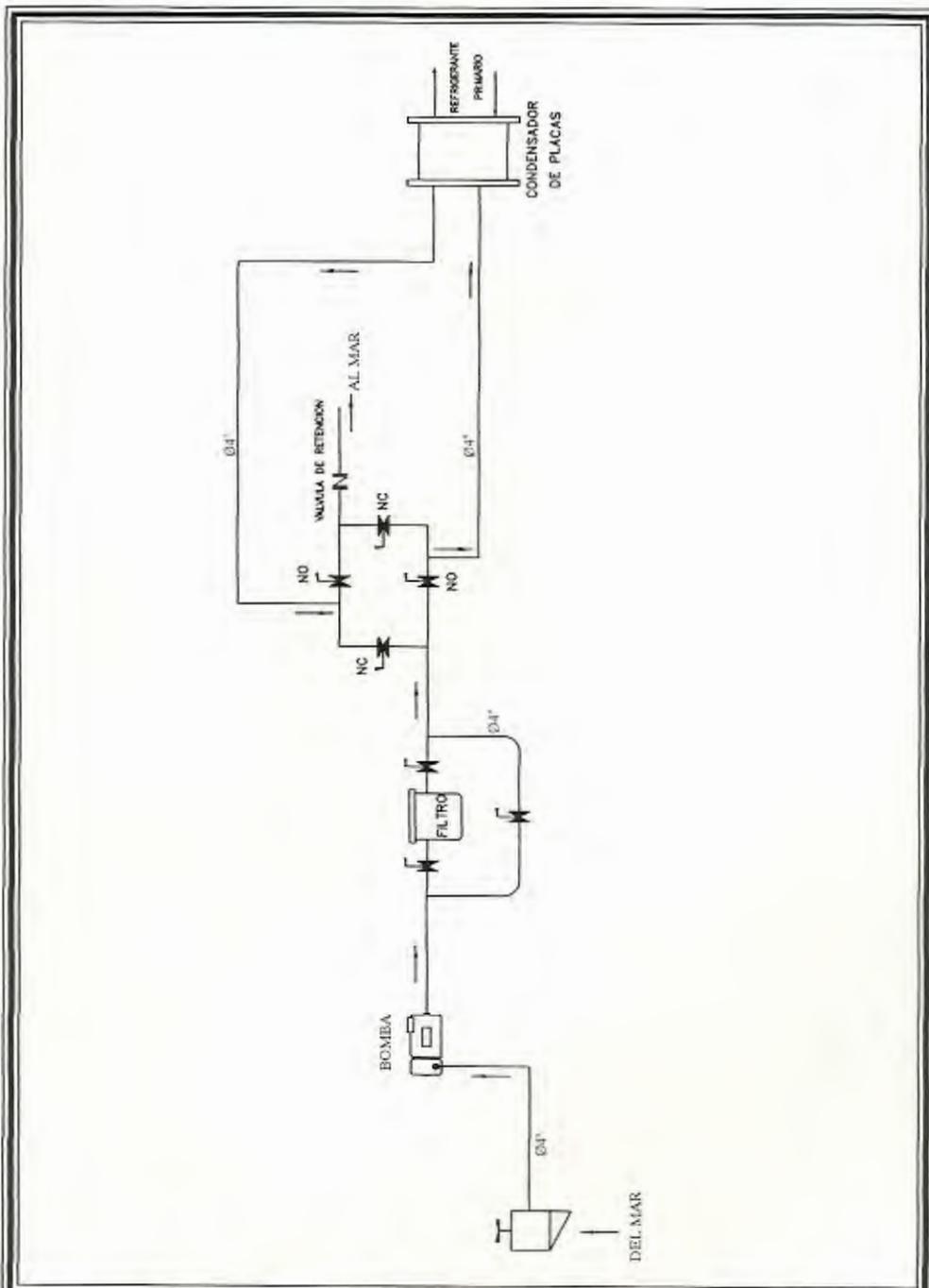
ANEXO 4. Curva de Rendimiento Volumétrico vs. Relación de Compresión





GRAFICO

ANEXO 5.1.-SISTEMA DE REFRIGERACION



GRAFICO

ANEXO 5.2.- SISTEMA ENFRIAMIENTO DEL CONDENSADOR (Agua de mar)

Vilter

440 VMC[®]

COMPRESSORS

Refrigerating capacities and BHP requirements
Based on 1200 RPM

SECTION 10-211

RATING CONDITIONS AND LIMITATIONS

ratings for R-22, R-502 and R-717 are based on saturated conditions. Ratings for R-12 are based on +65°F suction gas temperature, superheated by doing useful work in the system. All ratings are based on 1200 rpm. For other speeds use direct ratio. BHP's for sizes 2 thru 8 cylinder include belt losses. BHP's for sizes 12 and 16 cylinder do not include belt losses.

MAXIMUM LIMITS

Suction superheat:
R-22, R-502, R-717: 25°F
R-12 (actual gas temp.): +65°F
Compression ratio:
R-12, R-22, R-717: 8:1
R-502: 10:1
Pressure differential: 175 PSI
Discharge temperature: 300°F
Discharge pressure: 300 PSI
Suction pressure: 150 PSI
Oil temperature: 180°F
Direct drive motor HP: 300 HP
*Belt driven

Compressor Size	RPM	Maximum BHP
442 thru 446	1200	100
442 thru 446	1130	100
448 thru 4416	1200	125
448 thru 4416	1130	120

* Increase 15% when shot peened crankshaft is ordered.

RATINGS

for Refrigerants 12 - 22 - 502 - 717 (Ammonia)

CONDENSING
Pressure psig
and Corresponding
Temperature °F

REFRIGERANT 717 (AMMONIA) VILTER¹ BASED ON 1200 RPM

COMPRESSOR MODEL

↓	SUCTION		442		444		446		448		4412		4416	
	Temp. °F	Press. psia	TONS	BHP	TONS	BHP	TONS	BHP	TONS	BHP	TONS	BHP	TONS	BHP
95# 61.1°	-25	1.3	5.4	13.6	12.9	25.8	19.3	37.8	20.8	49.1	38.7	72.3	51.6	95.5
	-20	3.6	8.0	14.5	16.0	27.4	24.0	40.2	32.1	52.3	48.1	76.9	64.2	101.5
	-15	6.2	9.8	15.4	19.7	29.4	29.5	42.5	39.5	55.9	59.2	82.3	79.0	108.5
	-10	9.0	11.9	16.5	23.8	31.4	35.7	45.9	47.6	59.6	71.4	87.7	95.2	114.0
	-5	12.2	14.1	17.8	28.2	33.7	42.3	49.3	56.5	64.2	84.7	94.5	113.0	124.5
	0	15.7	16.5	19.1	33.1	36.2	49.6	53.0	66.2	68.9	99.3	101.2	133.2	134.0
	5	19.6	19.3	20.2	38.7	38.2	58.0	56.0	77.5	72.9	116.2	107.0	155.0	141.7
	10	23.8	22.4	20.8	44.8	39.6	67.2	57.9	89.6	75.3	134.4	110.7	179.2	146.1
	15	28.4	25.6	20.9	51.3	39.6	76.9	58.0	102.6	75.4	153.9	110.8	205.2	146.3
	20	32.5	28.4	20.4	56.8	38.8	85.2	57.0	113.7	74.0	170.5	108.9	227.4	144.0
	25	39.0	32.7	19.1	65.5	36.3	98.2	53.2	131.0	69.2	196.5	101.8	262.4	134.3
30	45.0	36.9	17.2	73.8	32.6	110.7	47.9	147.6	62.4	221.4	91.8	295.2	121.1	
115# 70.4°	-25	1.3	5.9	14.3	11.9	27.2	17.8	39.7	23.9	51.7	35.8	76.1	47.8	100.2
	-20	3.6	7.5	15.4	15.0	29.3	22.5	42.9	30.1	55.8	45.1	82.2	60.2	108.2
	-15	6.2	9.3	16.7	18.6	32.6	27.9	46.2	37.2	60.2	55.8	88.5	74.4	117.0
	-10	9.0	11.2	18.0	22.5	34.1	33.7	49.9	45.0	64.9	67.5	99.3	90.0	126.0
	-5	12.2	13.4	19.3	26.8	36.7	40.2	53.7	53.6	69.9	80.4	102.8	107.2	135.8
	0	15.7	15.7	20.6	31.4	39.2	47.1	59.3	62.8	74.6	93.8	109.7	124.8	145.0
	5	19.6	18.4	21.8	36.8	41.4	54.3	60.5	73.6	78.8	110.4	116.0	147.2	153.0
	10	23.8	21.3	22.7	42.6	43.2	63.9	63.0	85.2	82.2	127.8	120.9	170.4	159.5
	15	28.4	24.4	23.1	48.8	43.9	73.2	64.3	97.6	83.6	146.4	122.8	195.2	162.2
	20	32.5	27.1	23.1	54.2	43.9	81.3	64.4	108.5	83.7	162.7	123.0	217.0	162.4
	25	39.0	31.3	22.6	62.7	42.9	94.0	62.8	125.4	81.8	188.1	120.2	250.8	158.8
30	45.0	25.3	21.7	70.6	41.2	105.9	60.3	141.3	78.5	211.9	115.3	282.6	152.2	
135# 78.7°	-25	1.3	5.5	15.2	11.1	27.8	16.6	42.2	22.3	54.8	33.4	80.7	44.6	100.7
	-20	3.6	7.0	16.4	14.1	31.1	21.1	45.6	28.3	59.3	42.4	87.3	56.6	115.0
	-15	6.2	8.9	17.8	17.9	33.8	26.0	49.6	35.0	64.4	53.7	94.5	71.6	125.0
	-10	9.0	10.6	19.2	21.2	36.6	31.8	53.6	42.5	69.6	63.7	102.3	85.0	135.2
	-5	12.2	12.7	20.7	25.4	39.4	38.1	57.7	50.8	75.0	76.2	110.2	101.6	145.9
	0	15.7	14.9	22.1	29.9	42.0	44.8	61.6	59.8	80.0	89.7	117.6	119.6	155.2
	5	19.6	17.5	23.2	35.0	44.2	52.5	64.9	70.0	84.3	105.0	123.8	140.0	163.8
	10	23.8	20.2	24.3	40.4	46.3	60.6	67.9	80.9	88.2	121.3	129.8	161.8	171.2
	15	28.4	23.2	25.2	46.4	47.8	69.6	70.2	92.8	91.1	139.2	134.0	185.6	177.0
	20	32.5	25.8	25.5	51.6	48.5	77.4	71.3	103.2	92.5	154.8	136.0	206.4	100.0
	25	39.0	30.0	25.6	60.0	49.0	90.0	72.0	120.0	93.4	180.0	137.2	240.0	181.3
30	45.0	33.7	25.8	67.5	49.2	101.2	72.2	135.0	93.7	202.5	137.8	270.0	182.0	
155# 86.1°	-25	1.3	5.1	15.6	10.2	29.6	15.3	43.5	20.4	56.4	30.6	82.9	40.8	109.7
	-20	3.6	6.5	10.9	13.1	32.1	19.6	47.1	26.2	61.1	39.3	89.8	52.4	118.5
	-15	6.2	8.1	18.3	16.3	34.8	24.4	51.0	32.0	66.3	48.9	97.5	65.2	128.8
	-10	9.0	9.9	19.8	19.9	37.7	29.8	45.3	39.9	71.8	59.8	105.6	79.8	139.4
	-5	12.2	12.0	21.4	24.0	40.6	36.0	58.6	48.0	77.4	72.0	113.8	96.0	150.2
	0	15.7	14.2	22.8	28.4	43.4	42.6	63.7	56.8	82.6	85.2	121.5	113.6	160.3
	5	19.6	16.6	24.2	33.3	46.1	49.9	67.5	66.7	87.7	100.0	129.0	133.4	170.2
	10	23.8	19.7	25.4	38.5	48.3	57.7	70.8	77.1	91.9	115.6	135.0	154.2	178.3
	15	28.4	22.1	26.3	44.3	50.0	66.4	73.3	88.0	95.2	132.9	140.0	177.2	185.0
	20	32.5	24.7	25.8	49.4	51.0	74.1	73.0	90.8	97.2	148.2	143.0	197.6	188.8
	25	39.0	28.7	27.2	57.5	51.8	86.2	76.0	115.0	98.6	172.5	145.0	230.0	151.3
30	45.0	32.3	27.3	64.7	51.9	97.0	76.1	129.4	98.8	194.1	145.2	258.8	192.0	

Ratings above line for extrapolation only.

¹VILTER MANUFACTURING CORPORATION MILWAUKEE, WISC. 53207

CONDENSING Pressure psig and Corresponding Temperature °F			REFRIGERANT 717 (AMMONIA) VILTER											BASED ON 1200 RPM	
			COMPRESSOR MODEL												
↓	SUCTION		442		444		446		448		4412		4416		
	Temp. °F	Press. psig	TONS	BHP	TONS	BHP	TONS	BHP	TONS	BHP	TONS	BHP	TONS	BHP	
165# 89.60°	-15	6.2	7.8	18.8	15.7	35.8	23.5	52.5	31.4	68.2	47.1	100.2	62.8	132.3	
	-10	9.0	9.6	20.3	19.2	38.6	28.8	56.7	38.4	73.6	57.6	108.8	76.8	143.0	
	-5	12.2	11.6	21.7	23.2	41.4	34.8	60.6	46.4	78.7	69.8	115.8	92.8	153.0	
	0	15.7	13.7	23.1	27.5	44.0	41.2	64.5	55.0	83.7	82.5	123.1	110.0	162.3	
	5	19.6	16.1	24.6	32.3	46.7	48.4	68.5	64.7	89.0	97.0	131.0	129.4	172.6	
	10	23.8	18.8	25.9	37.6	49.3	56.4	72.3	75.2	93.8	112.8	138.0	150.4	182.0	
	15	28.4	21.6	26.9	43.3	51.1	64.9	75.0	86.6	97.4	129.9	143.3	173.2	189.0	
	20	33.5	24.1	27.4	48.3	52.2	72.4	76.6	86.6	99.4	144.9	146.0	193.2	193.8	
	25	39.0	28.2	27.9	56.4	53.1	84.6	77.7	112.8	101.0	169.2	148.6	225.6	196.0	
	30	45.0	31.6	28.0	63.3	53.2	94.9	77.9	126.6	101.2	189.9	148.9	253.2	196.4	
175# 93.0°	-15	6.2	7.6	19.3	15.2	36.8	22.8	53.9	30.4	69.9	45.6	102.8	60.8	135.8	
	-10	9.0	9.3	20.8	18.6	39.6	27.9	58.0	37.2	75.4	55.8	110.9	74.4	146.2	
	-5	12.2	11.2	22.3	22.5	42.4	44.7	62.0	45.0	80.6	67.5	118.3	90.0	156.2	
	0	15.7	13.4	23.7	28.8	45.0	40.2	66.0	53.7	85.7	80.5	126.0	107.4	166.3	
	5	19.6	15.8	25.2	31.6	47.7	47.4	70.0	63.3	91.0	94.9	134.0	126.6	176.7	
	10	23.8	18.4	26.4	36.8	50.2	55.2	73.5	73.7	95.5	110.5	140.4	147.4	185.2	
	15	28.4	21.2	27.4	42.4	52.2	63.6	76.6	84.9	99.4	127.3	146.0	169.8	193.8	
	20	33.5	23.7	28.1	47.4	53.4	71.1	78.3	94.0	101.7	122.2	149.0	169.6	197.3	
	25	39.0	27.6	28.9	55.3	55.0	82.9	80.5	110.6	104.6	165.9	154.0	221.2	203.0	
	30	45.0	31.1	29.3	62.2	55.9	93.3	81.8	124.5	106.2	186.7	156.2	249.0	206.0	
185# 96.2°	-15	6.2	7.3	19.6	14.7	37.2	22.0	54.6	29.4	71.0	44.1	104.2	58.8	138.0	
	-10	9.0	9.0	21.1	18.0	40.2	27.0	58.7	36.0	76.4	54.0	112.0	72.0	148.0	
	-5	12.2	10.9	22.6	21.8	42.9	32.7	62.8	43.7	81.7	65.5	120.0	87.4	158.5	
	0	15.7	13.1	24.1	26.2	45.8	39.3	67.1	52.4	87.2	78.6	128.0	104.8	169.0	
	5	19.6	15.0	25.6	31.1	48.7	46.6	71.4	62.2	92.8	93.0	136.2	124.4	180.0	
	10	23.8	18.0	26.9	36.1	51.4	54.1	75.7	72.2	107.7	109.3	143.6	144.4	199.5	
	15	28.4	20.8	28.0	41.6	53.4	62.4	78.3	83.3	101.6	124.9	149.3	166.0	190.0	
	20	33.5	23.2	28.9	46.3	54.9	69.7	80.4	93.0	104.4	139.5	154.8	186.0	203.8	
	25	39.0	27.0	29.8	54.1	56.7	81.1	83.4	108.3	108.0	162.4	169.0	216.6	210.0	
	30	45.0	30.6	30.7	61.2	58.4	91.8	85.7	122.5	111.1	183.7	163.5	245.0	216.5	
205# 102.3°	-5	12.2	10.3	23.6	20.7	44.8	31.0	65.7	41.5	85.4	62.2	125.5	83.0	165.5	
	0	15.7	12.4	25.2	25.0	47.9	37.5	70.2	50.0	91.2	75.0	134.0	100.0	177.0	
	5	19.6	14.8	26.6	29.6	50.6	44.4	74.2	59.2	96.4	88.8	141.7	118.4	186.7	
	10	23.8	17.3	27.9	34.7	53.3	52.0	78.0	69.5	101.2	104.2	149.0	139.0	197.5	
	15	28.4	20.0	29.1	40.1	55.5	60.1	81.2	80.3	105.6	120.4	155.0	160.6	206.0	
	20	33.5	22.5	30.1	45.0	57.3	67.5	84.0	90.0	109.0	135.0	160.0	180.0	212.3	
	25	39.0	26.3	31.4	52.6	59.8	78.9	87.7	105.2	113.8	157.8	167.3	210.4	222.0	
	30	45.0	29.7	32.9	59.5	62.0	89.2	91.0	119.1	118.0	178.6	173.5	238.2	230.0	
	225# 108.0°	20	33.5	21.7	31.5	43.4	60.0	65.1	88.0	86.9	114.2	130.3	168.1	173.8	223.0
		25	39.0	25.4	33.0	50.9	62.7	76.3	92.0	101.9	119.4	152.8	175.5	203.8	233.0
30		45.0	28.9	34.1	57.9	65.0	86.8	95.2	115.8	123.8	173.7	182.0	231.6	241.5	
35		51.6	32.7	35.6	65.4	67.7	98.1	99.2	130.8	128.8	196.2	189.7	261.6	251.0	

Ratings above line for extrapolation only.

BIBLIOGRAFIA

1. BAUMEISTER THEODORE, AVALLONE EUGENE A., BAUMEISTER III THEODORE , MARKS Manual del Ingeniero Mecánico, Segunda Edición en Español, McGraw - Hill, 1986.
2. STOEKER W. F., Refrigeración y Acondicionamiento de Aire, McGraw-Hill, 1982.
3. DANFOSS, Collection Of DANFOSS Instructions, 1974.
4. VARGAS ZÚÑIGA ANGEL, Curso de Refrigeración, ESPOL, 1974.
5. VARGAS ZÚÑIGA ANGEL, Instalaciones Frigoríficas para Buques Pesqueros, Primera Edición, Series VZ, 1979.
6. WEBB MAURICE J., Manual para Técnicos en Mecánica Industrial, McGraw-Hill, 1990.

