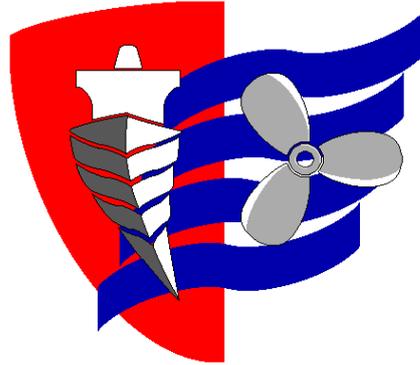


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE  
FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO**

*Calculation and design of the cold plant of a  
fishing vessel*

Para acceder al Título de Grado en

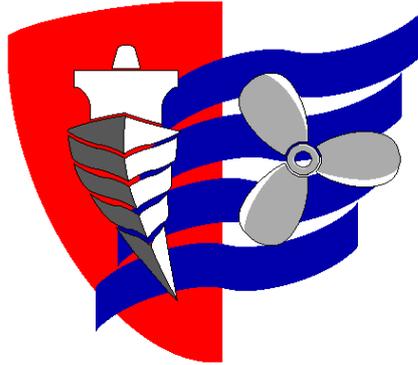
**INGENIERÍA MARINA**

Autor: Germán Ríos Cerezo

Directora: Belén Río Calonge

Octubre - 2017

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE  
FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO**

*Calculation and design of the cold plant of a  
fishing vessel*

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA MARINA**

Octubre - 2017

## ÍNDICE

Resumen .....	8
Palabras clave .....	8
Summary .....	9
Keywords .....	9
1. Memoria.....	11
1.1. Objeto .....	11
1.2. Alcance .....	12
1.3. Antecedentes.....	12
1.3.1. Historia de la refrigeración .....	14
1.4. Normas y Referencias .....	16
1.4.1. Normas.....	16
1.4.2. Bibliografía .....	17
1.4.3. Programas de cálculo.....	18
1.5. Definiciones y abreviaturas.....	18
1.6. Requisitos de diseño.....	23
1.6.1. Datos principales del buque .....	23
1.6.2. Volumen total de la bodega de carga.....	23
1.6.3. Refrigerante utilizado .....	23
1.6.4. Sistema de refrigeración .....	23
1.6.5. Temperatura de conservación de la carga .....	24
1.6.6. Temperaturas ambientales a considerar .....	24
1.7. Análisis de soluciones.....	24
1.7.1. Sistemas de refrigeración.....	25
1.7.1.1. Sistema de refrigeración por absorción .....	27

1.7.1.2.	Sistema de refrigeración por adsorción .....	28
1.7.1.3.	Instalaciones de compresión mecánica .....	30
1.7.2.	Refrigerante .....	36
1.7.2.1.	Clasificación de los refrigerantes .....	36
1.7.2.2.	Propiedades y características de un refrigerante.....	37
1.7.2.3.	Propiedades de seguridad.....	40
1.8.	Resultados finales .....	44
1.8.1.	Selección de los principales elementos de la instalación .....	44
1.8.1.1.	Compresor .....	44
1.8.1.2.	Condensador .....	47
1.8.1.3.	Evaporador .....	48
1.8.1.4.	Congeladores de placas .....	50
1.8.1.5.	Túnel de congelación.....	53
1.8.1.6.	Válvula de expansión.....	55
1.8.2.	Selección de los elementos auxiliares y de control .....	55
1.8.2.1.	Separador de aceite .....	55
1.8.2.2.	Recipiente de líquido .....	56
1.8.2.3.	Filtro deshidratador.....	57
1.8.2.4.	Visores de líquido .....	57
1.8.2.5.	Presostatos.....	58
1.8.2.6.	Separador de líquido .....	58
1.8.2.7.	Purgador de aire .....	58
1.8.2.8.	Deshumidificador .....	59
1.8.2.9.	Bombas de circulación.....	59
1.8.2.10.	Termostato.....	60
1.8.2.11.	Sensores de temperatura .....	60
1.8.2.12.	Válvula de retención .....	60
1.8.2.13.	Válvula reguladora de caudal de agua de condensación..	61
1.8.2.14.	Válvula solenoide.....	61
1.8.2.15.	Válvulas manuales de cierre .....	62
1.8.2.16.	Válvulas de seguridad.....	62

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ÍNDICE	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 5/121

1.8.2.17.	Bomba de agua de circulación.....	62
1.8.2.18.	Manómetros de alta y baja.....	62
1.8.2.19.	Economizador .....	63
1.8.2.20.	Tubos.....	63
1.8.3.	Elementos adicionales de las cámaras de refrigeración .....	64
1.8.4.	Elementos de seguridad.....	64
1.8.5.	Materiales aislantes.....	65
1.8.5.1.	Espesor del aislamiento.....	68
1.8.5.2.	Barrera o pantalla antivapor.....	68
1.8.6.	Refrigerante .....	69
1.9.	Planificación.....	71
2.	Anexos.....	73
2.1.	Cálculos .....	73
2.1.1.	Descripción de la bodega de congelación.....	73
2.1.2.	Aislamientos .....	74
2.1.2.1.	Introducción .....	74
2.1.2.2.	Coeficiente global de transmisión de calor .....	75
2.1.3.	Balance térmico.....	77
2.1.3.1.	Introducción .....	77
2.1.3.2.	Pérdidas, por transmisión, a través de las paredes ( $Q_1$ ) ...	78
2.1.3.3.	Cálculo de pérdidas por congelación ( $Q_2$ ) .....	81
2.1.3.4.	Aire exterior (renovaciones de aire) ( $Q_3$ ). .....	82
2.1.3.5.	Calor desprendido por ventiladores ( $Q_4$ ).....	83
2.1.3.6.	Calor liberado por iluminación ( $Q_5$ ).....	84
2.1.3.7.	Calor liberado por las personas ( $Q_6$ ).....	84
2.1.3.8.	Cálculo de la potencia frigorífica total de la planta.....	85
2.1.4.	Selección de los equipos frigoríficos principales .....	87
2.1.4.1.	Selección de los compresores .....	87
2.1.4.2.	Selección de los condensadores y bombas de suministro	88

2.1.4.3.	Selección de evaporadores para la sala frigorífica .....	89
2.1.4.4.	Selección de las válvulas de expansión y válvulas solenoides.....	91
2.1.4.5.	Selección del separador de aceite.....	93
2.1.4.6.	Selección del filtro deshidratador.....	95
2.1.4.7.	Selección del visor de líquido .....	95
2.1.4.8.	Selección de los manómetros de alta y baja presión.....	95
2.1.4.9.	Selección de los presostatos de alta y de baja .....	95
2.1.4.10.	Selección de la válvula de retención.....	95
2.1.4.11.	Selección de la válvula de seguridad.....	97
2.1.4.12.	Selección de los termostatos y termómetros .....	97
2.1.4.13.	Selección del recipiente de líquido.....	97
2.1.4.14.	Selección del separador de líquido .....	98
2.1.5.	Tuberías .....	98
2.1.5.1.	Cálculo de tuberías de aspiración.....	98
2.1.5.2.	Cálculo de tuberías de descarga .....	99
2.2.	Especificación del armador.....	102
2.3.	Catálogos de los equipos.....	103
3.	Planos.....	105
4.	Pliego de condiciones.....	107
4.1.	Ámbito de aplicación.....	107
4.1.1.	Disposiciones generales. ....	107
4.1.1.1.	Condiciones facultativas legales.....	107
4.1.1.2.	Seguridad en el trabajo.....	107
4.1.2.	Condiciones generales.....	108
4.1.3.	Planificación y coordinación .....	108
4.1.4.	Acopio de materiales.....	109
4.1.5.	Inspección y medidas previas al montaje.....	109
4.1.6.	Planos, catálogos y muestras .....	109

4.1.7.	Periodos de garantía .....	109
4.1.8.	Recepción definitiva .....	110
4.1.9.	Rescisión del contrato .....	110
4.1.10.	Precios .....	110
4.1.11.	Pago de obra .....	110
4.2.	Pliego de condiciones Técnicas.....	110
4.2.1.	Generalidades .....	110
4.2.2.	Instalaciones frigoríficas .....	111
4.2.2.1.	Accesibilidad .....	111
4.2.2.2.	Compresores .....	111
4.2.2.3.	Condensador .....	111
4.2.2.4.	Evaporadores .....	111
4.2.2.5.	Recipiente de líquido .....	112
4.2.2.6.	Tuberías .....	112
4.2.2.7.	Elementos de control, protección y seguridad .....	112
4.2.2.8.	Instalación eléctrica .....	112
4.2.2.9.	Sala de máquinas .....	113
4.2.2.10.	Cámaras .....	113
4.2.2.11.	Identificación .....	113
4.2.2.12.	Pruebas .....	113
4.2.2.13.	Pruebas de estanqueidad .....	113
4.2.2.14.	Ejecución .....	114
4.2.2.15.	Verificaciones.....	114
5.	Mediciones y presupuesto .....	116
5.1.	Presupuesto desglosado en partidas.....	116
5.2.	Balance final del presupuesto .....	119

## RESUMEN

En el presente trabajo se va a llevar acabo la definición y justificación de todos los elementos constructivos y técnicos de la instalación de frío, así como el diseño y los cálculos necesarios. Se va a desarrollar el proyecto sobre un buque existente que previamente ha sido un buque P.S.V., dando apoyo y suministro a plantas offshore. Para ello debemos definir una serie de términos para facilitar la comprensión del proyecto, también se ha hecho una introducción a la refrigeración, así como una visión histórica del empleo del frío en beneficio de las necesidades del hombre. Se ha aplicado en este proyecto lo relativo a instalaciones frigoríficas encontrado en la normativa vigente y en el reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas.

En el desarrollo del trabajo se tratan los diferentes elementos que forman la instalación incluyendo los auxiliares y de control, justificando su selección posteriormente en el apartado de cálculos, en los anexos se pueden encontrar los catálogos que se han utilizado para escoger los modelos de los equipos.

Para la selección de los equipos era necesario conocer las pérdidas de calorías que se producen por la diferencia de temperatura existente entre los recintos, donde se ubicará la instalación de frío, es por ello que se ha realizado un balance térmico de las salas donde se posicionarán los evaporadores, los congeladores de placas y el túnel de congelación.

## PALABRAS CLAVE

Frío, refrigeración, amoniaco, congelación, bodega.

## SUMMARY

In this project will be developed the design and calculation of the onboard refrigeration installation. The cold installation is to be calculated for a clams-fishing vessel with on-board processing plant which previously has been a platform supply vessel. To do this we must define a series of terms to facilitate the understanding of the project, has also made an introduction to refrigeration, as well as a historical view of the use of cold to benefit the needs of man.

This project has been applied to refrigeration installations found in regulations in force and in the safety regulations for refrigeration installations.

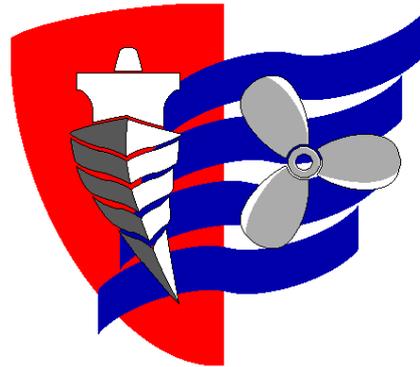
In the development of the project the different elements that form the installation including the auxiliaries and of control are treated, justifying their selection later in the section of calculations, in the annexes can be found the catalogs that have been used to choose the models of the equipment.

For the selection of the equipment it was necessary to know the caloric losses that are produced by the temperature difference between the enclosures, where the cold installation will be located, that is why a thermal balance has been made of the rooms where they will be positioned evaporators, plate freezers and the tunnel freezer.

## KEYWORDS

Cold, refrigeration, ammonia, , freezing, hold.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**MEMORIA**

# 1. MEMORIA

## 1.1. OBJETO

Este proyecto tiene por objeto definir y justificar todos los elementos constructivos y técnicos de la instalación de frío para un buque pesquero (arrastero congelador) con factoría a bordo, destinado a manipular, envasar y congelar almejas en el alta mar. Previamente este buque fue un buque (P.S.V.) que daba servicio a plataformas offshore.

No son objeto de este proyecto la definición y cálculos de las demás instalaciones que afecten a la instalación frigorífica, como son: instalación contraincendios, electricidad, fontanería y/o calderería de agua de mar para la alimentación de los condensadores, etc....dichas instalaciones serían objeto de proyecto general del buque.

En este tipo de buques es imprescindible disponer de una bodega, con su correspondiente sistema de refrigeración y equipo auxiliar, para mantener el producto recién pescado y previamente procesado a bordo, en unas condiciones óptimas. Estas condiciones van a depender en gran medida del tipo de producto que se almacene a bordo ya que no todos los productos se conservan de igual modo a las mismas temperaturas o condiciones de la bodega de carga.

Estas condiciones se deberán de mantener hasta que la navegación llegue a su fin y el producto refrigerado sea transportado a las instalaciones en tierra.

El buque, en cuestión, fue diseñado específicamente para dar apoyo y llevar carga y suministros a las plataformas offshore. Este buque ha sido convertido a un buque de pesca de almeja con factoría de procesamiento a bordo, esta conversión se ha llevado a cabo por un astillero dedicado a la conversión y reparación de buques, el cual me ha facilitado las especificaciones técnicas del proyecto, así como datos en cuestión para la realización de este proyecto.

## 1.2. ALCANCE

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin de Grado al objeto de obtener el título de Grado en Ingeniería Marina.

## 1.3. ANTECEDENTES

La refrigeración es un proceso que consiste en la disminución de la temperatura de un cuerpo o de un espacio, a un valor menor a la del medio.

Esta disminución se realiza extrayendo energía del objeto a refrigerar disminuyendo su energía térmica, lo que favorece a reducir la temperatura del cuerpo.

Esta extracción de energía se realiza transfiriendo la energía del cuerpo que queremos refrigerar a otro elemento, aprovechando las propiedades termodinámicas características de cada uno de ellos.

Cuando hablamos de temperatura nos referimos a la medida de energía que posee un cuerpo, los cuerpos solo tienen más o menos energía térmica o calor.

En definitiva, enfriar un cuerpo se corresponde a retirar energía térmica o calor. De esta manera enfriar corresponde a retirar energía (calor) y no debe pensarse en procesos de producir frío o agregar frío.

Los métodos que se emplean para refrigerar utilizan fluidos con unas propiedades termodinámicas que les permiten absorber calor de otros cuerpos. Estos fluidos se denominan frigorígenos o refrigerantes.

A continuación, vamos a ver que existen diferentes niveles de enfriamiento por debajo de la temperatura ambiente, diferenciando las siguientes bandas de temperatura:

Tabla 1. Bandas de temperaturas

Fuente: Trueba, A. (2017)

Niveles de enfriamiento	Rangos de T <sup>a</sup> en (°C)
Aire acondicionado: bienestar humano	De 14 a 30 °C
Refrigeración: conservación temporal de productos perecederos	De 0 a 14 °C
Subrefrigeración: formación de hielo	De 0 a 15 °C
Congelación: conservación prolongada de productos perecederos	De -15 a -35 °C
Subcongelación: ultracongelación	De -35 a -180°C
Criogenialización: temperaturas próximas al cero absoluto	De -180 a -273,5 °C

La unidad de medida de frío o absorción de energía térmica en el Sistema Técnico es la frigoría (fg), equivale a una kilocaloría negativa y se define como la energía sustraída al reducir en 1°C la temperatura de un kilogramo de agua a 15,5°C y 1 atmosfera de presión.

$$1fg = -1 kcal$$

En el Sistema Internacional la unidad de medida es el Julio

$$1 kJ = 0,24 fg$$

Los anglosajones utilizan como unidad, BTU (British Thermal Unit).

$$1 BTU = 0,252 kcal$$

$$1 fg = 4 BTU$$

La unidad de potencia de las máquinas frigoríficas en el Sistema Técnico se expresa en frigorías /horas, mientras que en el Sistema Internacional se emplea, el Julio para energía y el vatio para potencia.

$$1 \frac{fg}{hora} = 1,157 W$$

### 1.3.1.HISTORIA DE LA REFRIGERACIÓN

Desde los tiempos más remotos el hombre aprendió el uso de los espacios cerrados, que, debido a su disposición, se podían emplear para conservar alimentos a una temperatura inferior que la del medio. En los tiempos prehistóricos la gente almacenaba grandes trozos de carne en cuevas con las paredes húmedas, aprovechándose del efecto del frío natural resguardándolos de la acción de los rayos solares.

Durante el Neolítico, la transformación de la sociedad cazadora-recolectora, a una sociedad agrícola, obligó a éstos a tener que almacenar el excedente del grano.

Los sistemas de conservación más comunes fueron:

1 en agujeros debajo de sus hogares. 2 en cerámicas, al observar que esta ayudaba mejor a su conservación. 3 en silos o graneros de media y grande envergadura. 4 la sal, siendo muy cara pero muy apreciada debido a la conservación de productos como la carne, pescado, etc.

El grano se comenzó a almacenar en agujeros hechos en el suelo aprovechando la diferencia de temperatura entre la superficie y estos espacios de almacenaje. Posteriormente se usaron tinajas de barro en las cuales se introducía el grano para mejorar su conservación en estos espacios.

Otro uso de los espacios fríos en la antigüedad lo llevaron a cabo los egipcios en las cercanías del río Nilo para conservar los distintos tipos de grano durante épocas de sequía o para conservar los excedentes de las cosechas. Construyeron grandes graneros, con los sistemas más modernos de refrigeración de la época, evitando así la posible germinación del grano.

Egipto era el granero de Imperio Romano, e idearon un importante servicio de transporte marítimo desde Alejandría, hasta Ostia-Roma.

En el año 755 D.C. Khallif Madhi se encargó de crear un sistema de transporte refrigerado a través del desierto, desde el Líbano hasta la Meca, empleando nieve como refrigerante. Otro ejemplo de cómo el hombre ha sabido aprovecharse de los medios de los que disponía para hacer un buen uso de la refrigeración, fueron los árabes, que, desde tiempos remotos han sabido cómo mantener el agua fresca almacenándola en tinajas de barro. Parte del agua que pasa al exterior a través de la superficie porosa de la tinaja se evapora y de ese modo se enfría el resto. (Rapin, 1992)

A mediados del siglo XVI, Blas Villafranca, un médico castellano, residente en Roma, escribió un libro, *Methodes refrigerandi*, el cual trataba del enfriamiento del agua y el vino por medio de mezclas refrigerantes, nombrando por primera vez la palabra “refrigerar” en el sentido de conseguir y mantener una temperatura inferior a la del medio. Fue en 1607 cuando se descubrió que podía emplearse una mezcla de agua con sal para congelar el agua.

Desde 1805 hasta finales del siglo XIX, se transportaba hielo natural, mediante de barcos contenedores, desde Norte América a muchos países cálidos como las Indias Occidentales, Europa e incluso India y Australia.

En este mismo año, el inventor estadounidense Oliver Evans representó un ciclo cerrado de refrigeración por compresión de vapor para la producción de hielo usando éter al vacío. En tal caso, el calor se eliminaría del ambiente reciclando el refrigerante vaporizado, que se desplazaría a través de un compresor y condensador y finalmente volvería a la forma líquida para repetir el proceso de refrigeración de nuevo. Fue alrededor de estas fechas cuando se desarrolla la refrigeración mecánica, de forma que la mayor parte de los compresores y actuales ciclos fueron concebidos entonces.

En 1834, a Jacob Perkins le fue concebida la patente inglesa nº 6662 sobre máquinas de compresión mecánica, es el sistema más utilizado en refrigeración actualmente, era un ciclo cerrado que podía funcionar continuamente. (Koelet, 1997)

## 1.4. NORMAS Y REFERENCIAS

### 1.4.1. NORMAS

La elaboración del presente proyecto se ha desarrollado según el siguiente conjunto de normas:

**UNE 86608, (1985).** Maquinaria frigorífica de compresión mecánica. Aislamiento térmico.

**BOE núm. 57, de 8 de marzo de 2011.** Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.

El proyecto cumplirá con las normas y reglas de la sociedad de clasificación American Bureau Veritas "ABS", para buques pesqueros de gran altura.

**Bureau Veritas normas, (2017).** Part C. Chapter 1. Section 13. Refrigerating Installations.

**DNV normas, (2017).**

Part 4. Chapter 6, section 6. Refrigeration systems.

<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/ru-ship/2017-01/DNVGL-RU-SHIP-Pt4Ch6.pdf>

Part 6. Chapter 4, section 10. Ships for carriage of refrigerated cargoes

<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/ru-ship/2017-01/DNVGL-RU-SHIP-Pt6Ch4.pdf>

Part 7: Chapter 1, section 6. Refrigerated cargo plants

<https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnvgl/ru-ship/2017-01/DNVGL-RU-SHIP-Pt7Ch1.pdf>

**UNE 100171, (1989).** Climatización. Aislamiento térmico. Materiales y colocación

**UNE 100171, (1992).** ERRATUM. Climatización. Aislamiento térmico. Materiales y colocación

**UNE 157001, (2014).** Criterios generales para la elaboración formal de los

documentos que constituyen un proyecto técnico

#### 1.4.2. BIBLIOGRAFÍA

Koelet, P. C., Soldevilla, M. L., & Matías, F. J. G. (1997). "Frio industrial: fundamentos, diseño y aplicaciones". A. Madrid Vicente.

Instituto social de la marina, "Manual del técnico frigorista". Centro nacional de formación marítima de Bamio. Frigoristas de instalaciones navales.

Rapin, P. J., & Jacquard, P. (1997). Instalaciones frigoríficas (Vol. 2). Marcombo.

Rapin, P. J., & Jacquard, P. (1997). Instalaciones frigoríficas (Vol. 1). Marcombo.

Trueba, A. (2017), Apuntes asignatura "Refrigeración y transportes especiales", en grado en ingeniería marina, E.T.S. Náutica Santander.

También se consultaron las siguientes páginas web como fuentes de información y selección de material.

A/S Dybvad Stål Industri. <http://www.dsi-as.com/>, [consultada en agosto de 2017]

Adsorsistem, <http://www.adsorsistem.com/tecnologia/compresion/ciclo-de-compresion>, [consultada en agosto de 2017]

Carsoe. <http://carsoe.dk/productlist/shrimp.aspx>, [consultada en agosto de 2017]

Danfoss, <http://www.learning.danfoss.com/spanish>, [consultada en julio de 2017]

Engineering fundamentals,  
<http://www.engineeringfundamentals.net/Condensadores/fundamentos.htm>,  
[consultada en agosto de 2017]

Instaltecnia <http://www.instaltecnia.com/2011/06/frio-solar.html>, página web  
[consultada en julio de 2017]

Seatemperature. (<http://seatemperature.info/es/septiembre/vancouver-temperatura-del-agua-del-mar.html>), [consultada en julio de 2017]

Teddintong, [http://www.teddington.com/pdf/4/DT\\_C35\\_UK.pdf](http://www.teddington.com/pdf/4/DT_C35_UK.pdf), [consultada en agosto de 2017]

Universidad del País Vasco,

<http://www.ehu.es/mmtde/materiala/aislamientoedificios/PDF/Documentos/3CALCULO.pdf>, [consultada en agosto de 2017]

### 1.4.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO

COOLSELECTOR. Programa para realizar el cálculo de las válvulas de expansión y las válvulas solenoides.

-Otros programas informáticos usados: AUTOCAD.

## 1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Parte de la terminología usada en el proyecto la define la Instrucción Técnica (ITC-MI-IF 01), del BOE núm. 57, de 8 de marzo de 2011:

**A.I.S.I.:** la norma AISI (también conocida por ser una clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos). Es la más común en los Estados Unidos. AISI es el acrónimo en inglés de American Iron and Steel Institute (Instituto americano del hierro y el acero),

**Amoniaco:** fórmula química ( $\text{NH}_3$ ). Su peso molecular es:  $\text{N} = 14$ ;  $\text{H} = 1$  (x3)

**Azeótropo o mezcla azeotrópica.** Mezcla de fluidos refrigerantes cuyas fases vapor y líquido en equilibrio poseen la misma composición a una presión determinada.

**Cámara frigorífica:** Recinto o mueble cerrado, dotado de puertas herméticas, mantenido por un sistema de refrigeración, y destinado a la conservación de productos. No tendrá consideración de espacio habitado u ocupado.

**Carga de refrigerante:** La especificada en la placa o etiquetado del equipo o en su defecto la máxima cantidad de refrigerante que admita el equipo para su correcto funcionamiento.

**Componentes frigoríficos:** Elementos que forman parte del sistema de refrigeración, por ejemplo, compresor, condensador, generador, adsorbedor, depósito de líquido, evaporador, separador de partículas de líquido, etc.

**Compresor abierto:** Compresor con el eje de transmisión que atraviesa la carcasa estanca que contiene al refrigerante.

**Compresor de desplazamiento positivo (volumétrico):** Compresor en el que la compresión se obtiene por variación del volumen interior de la cámara de compresión.

**Compresor:** Máquina que incrementa mecánicamente la presión de un vapor o de un gas.

**Condensador:** Intercambiador de calor en el que refrigerante en fase de vapor se licua por cesión de calor.

**Dispositivo de alivio de presión:** Elemento diseñado para liberar o evacuar automáticamente el exceso de presión de un sistema frigorífico al exterior o a otro sector de presión más baja.

**Dispositivo de expansión:** Elemento que permite y regula el paso del refrigerante líquido desde un estado de presión más alto a otro más bajo. Se consideran como tales las válvulas de expansión (manuales, termostáticas y electrónicas), los tubos capilares, los flotadores de alta, etc.

**Dispositivo de seccionamiento (válvula de corte):** Dispositivo para abrir o cerrar el flujo de fluido; por ejemplo, refrigerante, salmuera.

**Equipos a presión:** Cualquier parte del sistema de refrigeración que contiene refrigerante, exceptuando: Compresores. Bombas. Componentes de un sistema de absorción hermético. Evaporadores, en los que cada sección por separado no supere en más de 15 dm el volumen que contiene refrigerante. Serpentes y baterías construidos exclusivamente con tubos. Tuberías y sus válvulas, uniones y accesorios. Dispositivos de control. Colectores y otros componentes que tengan un diámetro interno no superior a 152 mm y un volumen interior neto no superior a 100 dm<sup>3</sup>.

**Evaporador:** Intercambiador de calor en el cual el refrigerante líquido se vaporiza por absorción de calor procedente del medio a enfriar.

**Fluido frigorígeno o refrigerante:** de manera general, un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

**Fluido secundario (fluido frigorífero).** Sustancia intermedia (p.ej., agua, salmuera, aire, etc.) utilizada para transportar calor entre el circuito frigorífico (circuito primario) y el medio a enfriar o calentar.

**Instalación frigorífica:** Conjunto de los componentes de uno o varios sistemas de refrigeración y de todos los elementos necesarios para su funcionamiento (cuadro y cableado eléctrico, circuito de agua, etc.). Incluye los sistemas de refrigeración de cualquier dimensión, comprendidos los utilizados en acondicionamiento de aire y en bombas de calor, así como los sistemas secundarios de enfriamiento y los de calefacción generada por equipos frigoríficos (incluidas las bombas de calor).

**Intercambiador de calor:** Equipo para transferir calor entre dos fluidos sin que estos entren en contacto directo. - **Serpentín:** Parte del sistema de refrigeración construido con tubos curvos o rectos convenientemente conectados, que sirve como intercambiador de calor (evaporador, condensador, etc.)

**Límite inferior de inflamabilidad.** Concentración mínima de refrigerante que es capaz de propagar una llama en una mezcla homogénea de aire y refrigerante.

Los refrigerantes inorgánicos se denominan por la serie 700 añadiendo el peso molecular de los elementos de su composición química:  $700 + 17 = 717$   
→ R-717.

**P.S.V.:** Platform supply vessel, buque de suministro a plataformas offshore.

**Presión absoluta.** Presión referida al vacío absoluto.

**Presión de diseño:** Presión elegida para determinar la presión de cálculo de cada componente.

**Presión de prueba de estanqueidad:** Presión que se aplica para verificar que un sistema o cualquier parte del mismo es estanco.

**Presión de prueba de resistencia:** Presión que se aplica para comprobar que un sistema o cualquier parte o componente del mismo es capaz de soportar dicha presión sin que se produzcan deformaciones permanentes, roturas o fugas.

**Presión máxima admisible:** Presión máxima para la que está diseñado el equipo, especificada por el fabricante.

**Presión relativa (manométrica):** Presión cuyo valor es igual a la diferencia algebraica entre la presión absoluta y la presión atmosférica.

**Recipiente de líquido:** Recipiente conectado permanentemente al sistema mediante tuberías de entrada y salida, utilizado para acumulación de refrigerante líquido.

**Red de tuberías:** Tuberías o tubos (incluidas mangueras, compensadores o tubería flexible) para la interconexión de las diversas partes de un sistema de refrigeración.

**Refrigerante (fluido frigorígeno):** Fluido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a bajas temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de fase del fluido.

**Sabroe Unisab III controladores de sistemas** Los controladores de sistemas Unisab III son núcleos centrales de conectividad que ayudan a asegurar que las instalaciones de refrigeración tengan el mejor rendimiento posible, el máximo tiempo de funcionamiento y los menores costos operativos posibles.

**Sala de máquinas específica:** Local o recinto, no accesible al público, especialmente previsto para contener, por razones asociadas con la seguridad y protección del medio ambiente, componentes del sistema de refrigeración, exceptuándose como tal cuando solo contiene evaporadores, condensadores o tuberías. No tendrá consideración de espacio, local o recinto

habitado a los efectos de establecer la carga máxima de refrigerante en la instalación frigorífica.

**Sector de alta presión:** Parte de un sistema de refrigeración que trabaja, aproximadamente, a la presión de condensación.

**Sector de baja presión:** Parte del sistema de refrigeración que trabaja, aproximadamente, a la presión de evaporación.

**Separador de aceite:** Equipo a presión colocado en la descarga del compresor para separar y recuperar el aceite empleado en la lubricación del compresor.

**Sistemas de refrigeración:** Conjunto de componentes interconectados que contienen refrigerante y que constituyen un circuito frigorífico cerrado, en el cual el refrigerante circula con el propósito de extraer o ceder calor (es decir, enfriar o calentar) a un medio externo al circuito frigorífico.

**Tiempo máximo de exposición.** Tiempo máximo que el hombre puede estar expuesto, sin riesgo, a una concentración elevada de refrigerante; por ejemplo: no superior a diez minutos.

**Válvula de alivio de presión:** Válvula accionada por presión que se mantiene cerrada mediante un resorte u otros medios y que está diseñada para liberar o evacuar el exceso de presión de forma automática, al abrir a una presión no superior a la máxima admisible y cerrar de nuevo una vez que la presión haya descendido por debajo del valor admisible.

**Válvulas de interconexión:** Pares de válvulas de cierre que aíslan partes del circuito frigorífico y están dispuestas para que estas secciones puedan unirse antes de la apertura de las válvulas o separarse después de cerrarlas.

**Zeotropo o mezcla zeotrópica** Mezcla de fluidos refrigerantes cuyas fases vapor y líquido en equilibrio y a cualquier presión poseen distinta composición.

## 1.6. REQUISITOS DE DISEÑO

### 1.6.1. DATOS PRINCIPALES DEL BUQUE

El presente trabajo se refiere al diseño de una planta de frío para refrigerar la carga de un buque pesquero de 73 metros de eslora, 17 metros de manga y 5,4 metros de calado.

### 1.6.2. VOLUMEN TOTAL DE LA BODEGA DE CARGA

El volumen total de almacenaje disponible en la bodega es de aproximadamente 1320 m<sup>3</sup>. La bodega tiene unas dimensiones aproximadas de 24.000 x 15.000 x 5.000 (mm).

En el plano Ref. 0001, se muestra la disposición y el volumen de la bodega de carga respecto a la dimensión total del buque.

### 1.6.3. REFRIGERANTE UTILIZADO

El fluido refrigerante empleado será el R-717, (Amoniaco). Esto es debido a su buen rendimiento y capacidad de refrigeración.

### 1.6.4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración va a ser del tipo compresión mecánica (más adelante se hablará de este tipo de sistema) que utiliza propiedades termodinámicas del refrigerante para extraer energía de la carga a refrigerar en forma de calor y trasladar al exterior por medio de agua de mar.

Este sistema cuenta con unos elementos principales los cuales son: evaporadores, compresores, condensadores y válvula de expansión. Estos sistemas son utilizados normalmente en barcos pesqueros.

El buque dispondrá de un túnel de congelación con su correspondiente deshumificador para mantener el espacio seco y de 1 congelador de placas verticales y de dos congeladores de placas horizontales que se emplearán cuando no se requiera poner en marcha el túnel de congelación en función de la cantidad de producto pescado.

### 1.6.5. TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN DE LA CARGA

La temperatura de conservación de la carga será de aproximadamente -26 °C. Una vez refrigerada y congelada la carga pasará a ser almacenada alcanzando la temperatura de conservación.

### 1.6.6. TEMPERATURAS AMBIENTALES A CONSIDERAR

El buque, el cual llevará la instalación de frío, navegará en aguas próximas a Canadá. Las temperaturas ambientales tienen gran repercusión a la hora de calcular los valores finales de la carga térmica a extraer y los valores de funcionamiento del compresor.

Tabla 2. Banda de temperaturas

Fuente: Seatemperature

<b>Temperaturas ambientales a considerar</b>	<b>T<sup>a</sup> en (°C)</b>
<b>Temperatura del agua de mar máxima</b>	19°C
<b>Temperatura del agua de mar mínima</b>	9°C
<b>Temperatura sala de la factoría</b>	12 °C
<b>Temperatura exterior</b>	20 °C
<b>Temperatura sala embalaje</b>	5°C

## 1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

A continuación, vamos a ver algunos de los sistemas que se emplean para extraer el calor del foco que queremos mantener a baja temperatura, los cuales se basan en propiedades tanto físicas como químicas.

### 1.7.1.SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

El objetivo de la producción de frío consiste en reducir y mantener la temperatura de un cuerpo o espacio por debajo de la ambiental, siendo necesaria una continua extracción de energía térmica del elemento a enfriar.

El método más antiguo para enfriar es la utilización del hielo o la nieve naturales. Más tarde se consiguió el enfriamiento artificial mediante los métodos de compresión y de absorción. El método por compresión es el más utilizado, sin embargo, el método por absorción se suele utilizar cuando hay una fuente de calor residual, o barata.

A continuación, se muestra una clasificación de los métodos de producción de frío.

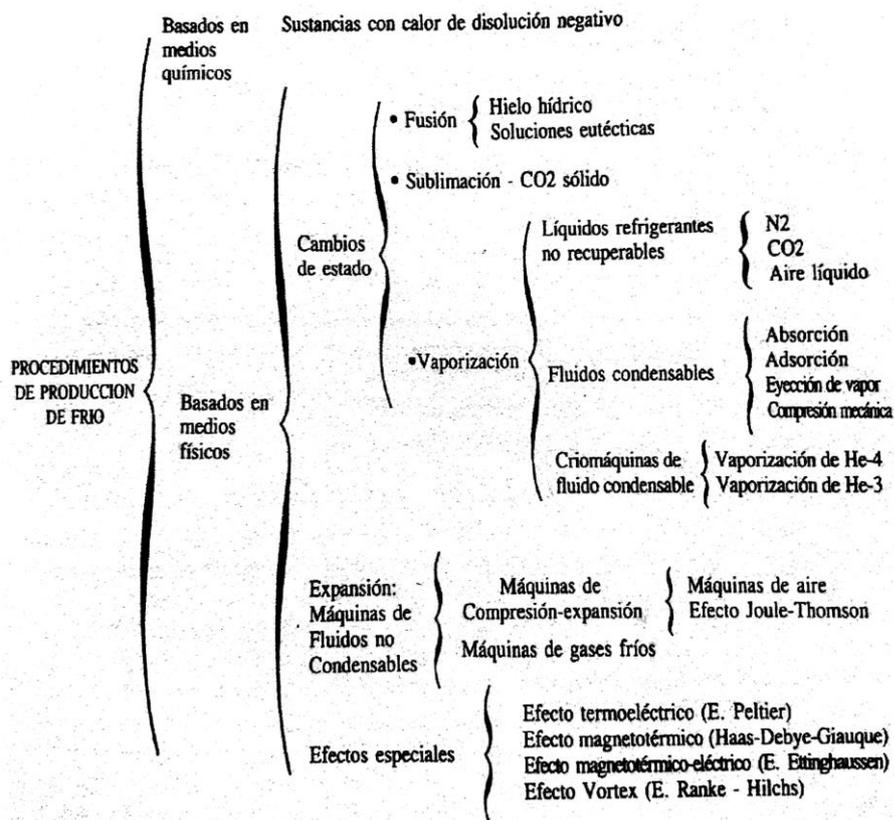


Ilustración 1. Clasificación de los procedimientos de producción de frío.

Fuente: Trueba, A (2017)

Los métodos basados en medios químicos emplean mezclas y disoluciones que absorben calor del medio que las rodea debido a un proceso químico.

Este procedimiento es discontinuo y por tanto de nulo interés y aplicación en la industria, se emplea en trabajos de laboratorio.

Los métodos basados en medios físicos, a través de procesos físicos, como la expansión de un fluido al pasar por una válvula de estrangulación, se consigue disminuir la temperatura de un foco caliente, cediendo esta energía térmica al foco de menor temperatura, en este caso al refrigerante.

Dentro de este método existen los siguientes sistemas:

- **Sistemas basados en cambios de estado**
- **Máquinas de fluido no condensable**
- **Efectos especiales.**

En los sistemas basados en cambios de estado interviene el calor latente del cambio de estado, y son:

Por fusión, en el que la energía, en forma de calor, que tiene el foco a refrigerar es absorbida por un elemento en estado sólido en su cambio de estado a líquido, generando una disminución de la temperatura del foco caliente; está muy extendida la fusión del hielo, o de mezclas eutécticas, que al cambiar de estado captan calor del entorno.

Por sublimación, en el que el paso directo de sólido a gas requiere absorber energía o lo que es lo mismo, calor del medio, siendo el ejemplo más representativo el anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), para la producción de nieve carbónica o hielo seco.

Por vaporización, en donde se incluyen todos los procesos en los que un líquido pasa a fase de vapor al suministrársele una cierta cantidad de calor, pudiéndose distinguir tres sistemas. Existen varios sistemas basados en este principio.

El primer sistema que vamos a ver de los basados en cambio de estado por vaporización es el de líquidos refrigerantes no recuperables.

Se trata de un sistema de tipo vaporización directa y cuyo circuito es abierto, es decir, que el fluido vaporizado circula hacia la atmosfera y no se recupera

otra vez en el proceso. El fluido que se emplea en estos sistemas ha de ser un líquido con unas características específicas como son que tenga un bajo punto de ebullición a presión atmosférica, que se vaporice absorbiendo su calor latente de vaporización y que sea evacuado a la atmosfera.

Tanto la toxicidad como la contaminación atmosférica de estos fluidos han de ser nulos, debido a estas condiciones se suele emplear nitrógeno líquido cuya temperatura de ebullición es  $-195,8^{\circ}\text{C}$  a la presión atmosférica, aplicándose en túneles de congelación y en transportes frigoríficos.

El segundo sistema es el de fluidos condensables con recuperación de gas producido.

Es un sistema de vaporización indirecta en circuito cerrado recuperándose el fluido vaporizado (un fluido generalmente caro y en ocasiones tóxico) para ser reutilizado después de sufrir determinados procesos físicos que requieren una aportación de energía externa al sistema. Dependiendo del tipo de sistema que se emplee para recuperar los gases producidos podemos encontrar cuatro tipos de instalaciones:

#### 1.7.1.1. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN

El principio de funcionamiento de los sistemas de absorción se basa en la afinidad fisicoquímica entre parejas de compuestos que favorece el proceso de absorción química. Una de las sustancias (la más volátil) actúa como refrigerante y la otra como absorbente. Las parejas de compuestos más comunes son el agua (absorbente) y el amoníaco (refrigerante) que se utiliza en instalaciones de hasta 20 kW de potencia, o el bromuro de litio (absorbente) y el agua (refrigerante) que se emplea en grandes instalaciones comerciales.

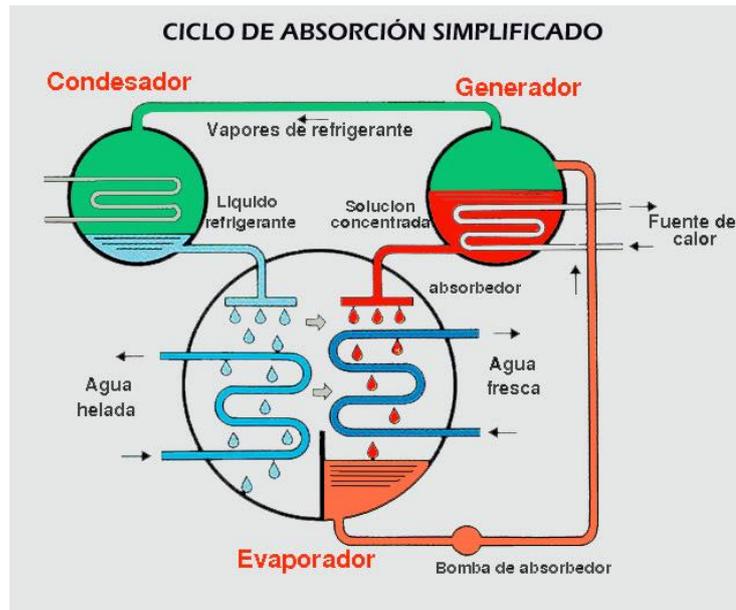


Figura 1. Esquema de instalación de absorción.

Fuente: Instaltecnia.

#### 1.7.1.2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ADSORCIÓN

La adsorción es un proceso reversible mediante el cual, un gas (adsorbato) queda retenido en la superficie de una masa sólida porosa (adsorbente).

Generalmente un calentamiento posterior, hace que la molécula retenida se libere y el elemento adsorbedor quede "limpio". Entre los materiales que se usan como adsorbentes tenemos aquellos que poseen una distribución de tamaños de poro uniforme (las fibras de carbón activo) y aquellos que poseen una distribución de tamaños de poro no uniforme (los carbones activos y las zeolitas).

También se emplean los geles de sílice. Como adsorbato, se utiliza el metanol formando par de adsorción con los carbones activos y las fibras de carbón activo, y el agua formando par de adsorción con las zeolitas. Con los geles de sílice podemos encontrarnos dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

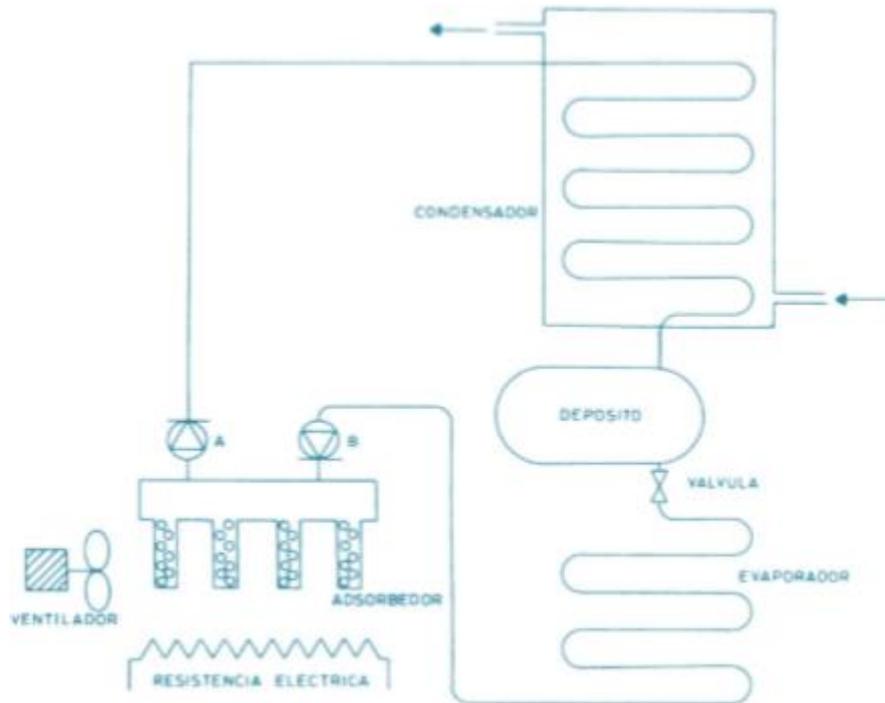


Figura 2. Esquema de instalación de adsorción.

Fuente: Trueba, A. (2017)

También podemos encontrar instalaciones basadas en la eyección de vapor. El principio de funcionamiento se basa en la depresión creada en el sistema por un eyector de vapor. Introduciendo vapor de agua a gran velocidad (1200 m/s) por la tubería J se crea una depresión en el punto A respecto al punto B, siendo  $P_A = 1/10 P_B$ . Por lo tanto, en A se pueden alcanzar muy bajas presiones.

La instalación consta del eyector J, un evaporador tipo flash E (reducción repentina de presión de un líquido caliente, que reduce su temperatura y por lo tanto, su calor sensible produciéndose una pequeña cantidad de vapor), un condensador C, una bomba de salmuera S, una bomba de agua D y una bomba de vacío V.

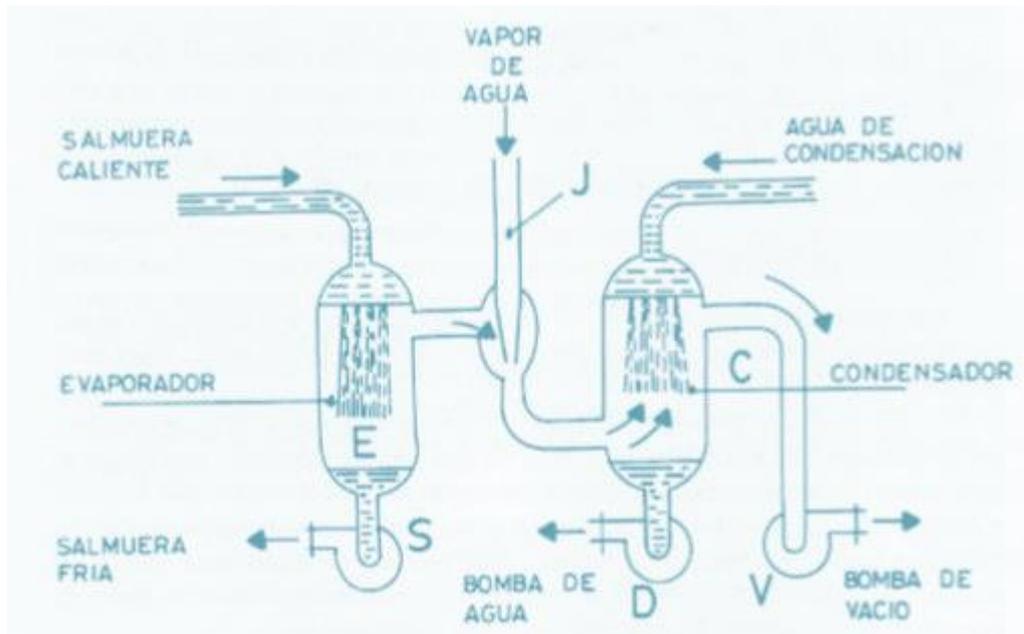


Figura 3. Ciclo de refrigeración por eyección de vapor.

Fuente: Trueba, A. (2017)

### 1.7.1.3. INSTALACIONES DE COMPRESIÓN MECÁNICA

El sistema más generalizado actualmente para la producción de frío, es el llamado de compresión mecánica, al que denominamos convencional y que consiste en un circuito cerrado en el que se somete un fluido refrigerante a sucesivas situaciones de cambios de estado, mediante compresión y expansión, transmitiendo y absorbiendo el calor producido con el ambiente y el medio a refrigerar. Es el llamado ciclo frigorífico de compresión, la instalación incorpora un compresor (bomba aspirante-impelente) que realiza un trabajo de compresión del fluido refrigerante vaporizado en el evaporador, introduciéndolo en el condensador a alta presión para almacenarse en el recipiente en estado líquido a baja temperatura antes de expandirse en la válvula de expansión y vaporizarse en el evaporador absorbiendo calor del medio refrigerado. Las máquinas de compresión actualmente equipan al 90% de todas las instalaciones frigoríficas tanto de refrigeración como de acondicionamiento de aire. El sistema se representa de la siguiente forma:

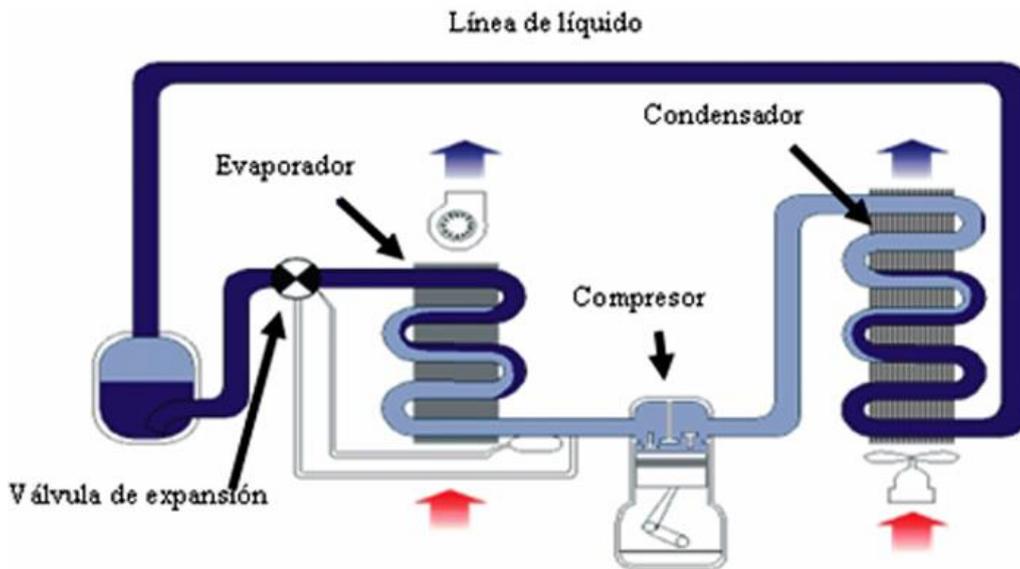


Figura 4. Ciclo de refrigeración de compresión mecánica.

Fuente: Adsorsistem.

El último sistema que vamos a ver de los sistemas basados en cambio de estado por vaporización son las criomáquinas de fluido condensable.

Este sistema se basa en la vaporización de crio-fluidos obtenidos mediante procesos de compresión y enfriamiento. El criofluido más significativo es el helio (He). Se trata de un gas inerte incoloro inoloro e insípido, cuyo punto de ebullición es el más bajo de todos los elementos químicos.

Para finalizar vamos a ver los sistemas basados en la expansión de fluidos gaseosos no condensables, estos son las máquinas de compresión-expansión y las máquinas de gases fríos.

Las máquinas de compresión-expansión son de dos tipos: las máquinas de aire frío y el efecto Joule-Thompson.

Las máquinas de aire frío, se basan en la propiedad que tienen los gases comprimidos de producir una disminución importante de temperatura cuando se les expande tras haberlos enfriado. El sistema incorpora una válvula de expansión a través de la cual se produce la expansión del gas comprimido.

Estos sistemas utilizan como refrigerante el aire, un fluido no tóxico, en abundancia y sin coste alguno, cuyo inconveniente se reduce al bajo calor

específico del aire, haciendo necesario circular grandes masas de aire y utilizar grandes instalaciones.

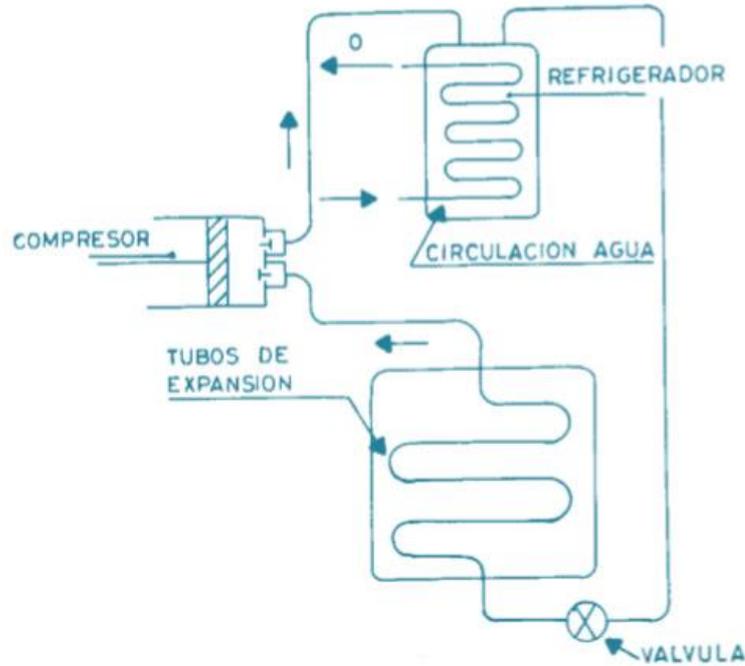


Figura 5. Ciclo de refrigeración por aire frío.

Fuente: Trueba, A. (2017).

El efecto Joule-Thompson es el efecto producido cuando se expande un gas sin aporte de calor a través de una pared porosa o de un elemento de estrangulación.

El recipiente por el que va a fluir el gas se encuentra dividido en dos zonas: la zona inicial, que tiene una presión constante ( $P_1$ ) y la zona secundaria con menor presión ( $P_2$ ). Ambas delimitadas por una pared porosa que modera su movimiento, se modifica la energía del propio gas y disminuye su temperatura, por lo que el gas expansionado puede utilizarse como elemento de refrigeración.

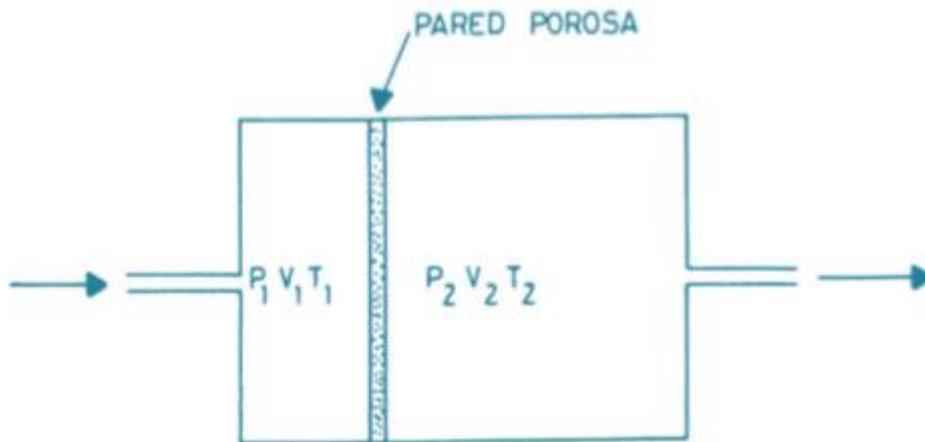


Figura 6. Representación del efecto Joule- Thomson.

Fuente: Trueba, A. (2017)

Las máquinas de gases fríos inyectan gas a baja temperatura produciendo voluminosas nubes blancas a menos de 80 °C, el refrigerante utilizado será un gas no tóxico como el nitrógeno. El efecto se disipa al cabo de unos segundos.

Para finalizar la clasificación vamos a ver los sistemas basados en efectos especiales.

Generalmente son sistemas de poca aplicación industrial debido a su escasa importancia técnica y comercial, que en algunos casos aún están en desarrollo. Principalmente se pueden destacar cuatro modelos.

**Efecto termoeléctrico o Peltier**, el efecto Peltier consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por un circuito compuesto de módulos formados por complejos de varios materiales semiconductores (elementos de elevado peso atómico como el telurio de bismuto o el telurio de plomo) del tipo P (cargados positivamente) o N (cargados negativamente).

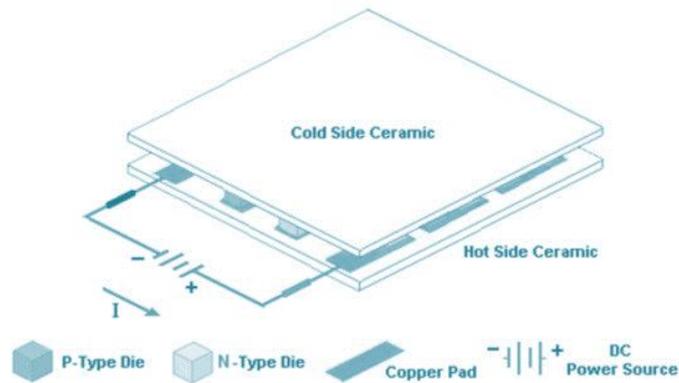


Figura 7. Módulo de Peltier.

Fuente: Trueba, A. (2017)

**Efecto magneto térmico (Haas-Debye-Guiauque)**, Consiste en producir frío mediante la desimantación de una sal paramagnética (Sulfato de Cobalto, sulfato de cobre, etc.). El procedimiento consiste en situar la sal paramagnética entre los polos de un electroimán, rodeado de un fluido que asegure el contacto térmico y de helio líquido.

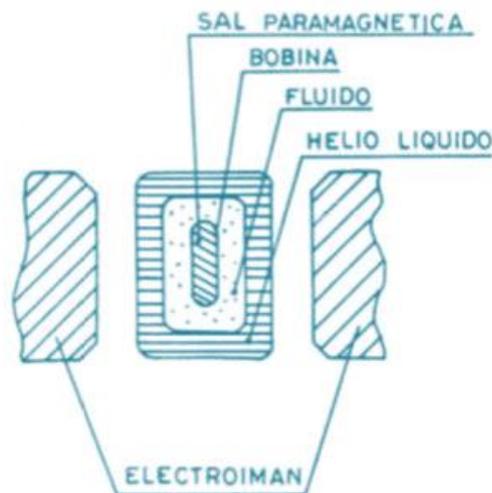


Figura 8. Refrigeración por efecto magnetotérmico.

Fuente: Trueba, A. (2017)

**Efecto magneto térmico-eléctrico (E. Ettinghausen)**, Supongamos un conductor recorrido por una corriente eléctrica continua de intensidad  $I$ . Si se coloca un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente y que se sitúe a ambos lados del conductor, se aprecia que inmediatamente se produce en el conductor un gradiente de temperaturas en dirección

perpendicular a las de los campos, de modo que una de las caras del conductor se enfría y la otra se calienta. Mientras una cara absorbe calor, la otra lo desprende.

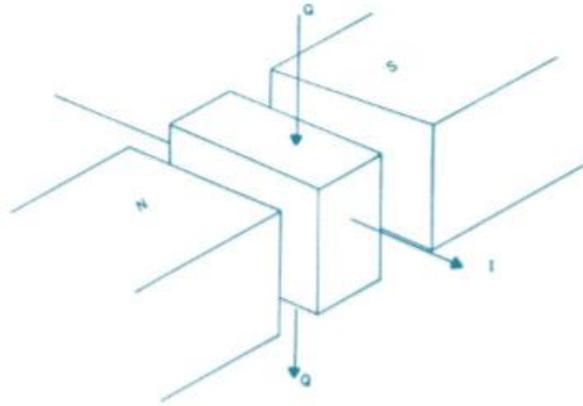


Figura 9. Refrigeración por efecto magnetotérmico-eléctrico

Fuente: Trueba, A. (2017)

**Efecto Vortex (Rankine-Hilsh)**, al introducir aire comprimido en el interior de un cilindro a la velocidad del sonido se crea en el interior de la cámara un movimiento circular ciclónico. Este movimiento origina una depresión en la zona próxima al eje del cilindro y como consecuencia una expansión con el consiguiente enfriamiento del aire en esa zona.

Por el contrario, en la periferia se produce una sobrepresión del aire y consecuentemente su calentamiento. El aprovechamiento frigorífico se realiza extrayendo el aire frío cercano al eje central y conduciéndolo al recinto a refrigerar. Igualmente puede hacerse con aire caliente. Este sistema tiene un rendimiento muy bajo.

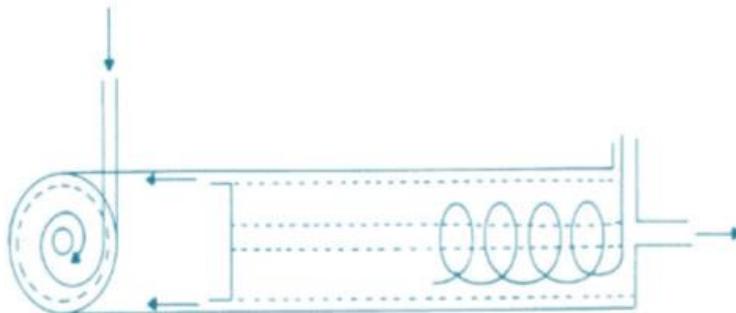


Figura 10. Refrigeración por efecto Vortex.

Fuente: Trueba, A. (2017)

## 1.7.2.REFRIGERANTE

Un refrigerante o fluido frigorígeno puede definirse como cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento que, en un sistema frigorífico, absorbe calor a bajas temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas para cederlo a otro posteriormente.

### 1.7.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

Según Koelet et al, (1997), hay dos tipos de refrigerantes:

Los primarios o frigorígenos que son compuestos químicos, capaces de licuar con facilidad y que son utilizados como fuentes productoras de frío mediante la liberación del calor latente en la evaporación (producen el enfriamiento gracias a la transformación de líquido a vapor).

El otro tipo de refrigerantes son los secundarios o frigoríferos, su función es la de transferir la energía térmica desde el objeto a enfriar al refrigerante primario. Estos pueden ser: agua, salmuera o glicol.

Podemos diferenciar entre los refrigerantes, aquellos refrigerantes formados por un solo componente con un único tipo de molécula, o los refrigerantes formados por más de un componente y/o tipo de molécula.

#### Refrigerantes puros

Son fluidos formados por un único componente con un único tipo de molécula. Su característica física principal es que, para una presión en concreto, la temperatura permanece constante durante un cambio de estado.

#### Mezclas

Las mezclas se caracterizan, por estar formados por más de un componente. Con la finalidad de conseguir unas características concretas, como, por ejemplo, capacidad frigorífica, eficiencia, temperatura de descarga, presión de vapor, etc. se escogen los componentes modificando el porcentaje de su composición para formar la mezcla, pudiendo conseguir que las características de la mezcla varíen.

Dentro de las mezclas, hay dos tipos, mezclas zeotrópicas y mezclas azeotrópicas. El primer grupo, las mezclas zeotrópicas, se produce un deslizamiento de temperatura en los cambios de estado mientras que las mezclas azeotrópicas se comportan prácticamente igual que un refrigerante puro: los distintos componentes que forman la mezcla, se evaporan y condensan a la vez.

#### 1.7.2.2. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE UN REFRIGERANTE

El refrigerante que emplearemos en la instalación frigorífica ha de cumplir las siguientes propiedades:

- Ser químicamente inerte hasta el grado de no ser inflamable, ni tóxico, ni explosivo, tanto en estado puro como cuando esté mezclado con el aire en determinada proporción.
- No reaccionar desfavorablemente con los aceites o materiales empleados en la construcción de los equipos frigoríficos.
- No reaccionar desfavorablemente con la humedad, que a pesar de las precauciones que se toman, aparece en toda instalación.
- Su naturaleza será tal que no contamine los productos almacenados en caso de fuga.
- El refrigerante ha de poseer unas características físicas y térmicas que permitan la máxima capacidad de refrigeración con la mínima demanda de potencia.
- La temperatura de descarga de cualquier refrigerante siempre disminuye a medida que baja la relación de compresión. Por lo tanto, deseamos que la temperatura de descarga sea la más baja posible para alargar la vida del compresor.
- El coeficiente de conductancia conviene que sea lo más elevado posible para reducir el tamaño y costo del equipo de transferencia de calor.

-La relación presión-temperatura debe ser tal que la presión en el evaporador para la temperatura de trabajo sea superior a la atmosférica, para evitar la entrada de aire y de humedad en el sistema en caso de fuga.

-Temperatura y presión crítica alejada de las condiciones de trabajo.

-Punto de congelación deberá ser inferior a la temperatura mínima de trabajo.

-Finalmente ha de ser de bajo precio y fácil disponibilidad.

Las condiciones exigibles a un fluido refrigerante dependen de las condiciones de funcionamiento. No existe el refrigerante perfecto que cumpla todas las exigencias y su idoneidad dependerá del grado en que sus propiedades se acerquen a las exigencias concretas de utilización.

A continuación, vamos a ver una serie de características físicas de los refrigerantes.

### **Calor latente de vaporización.**

Cuanto más alto sea este valor, la producción frigorífica específica será más elevada y el caudal másico a circular será menor. Esto hace que el equipo sea de menor tamaño y que el consumo de potencia sea menor.

### **Presiones**

Es importante que las presiones de trabajo de la instalación sean las adecuadas:

La presión de condensación debe ser lo más baja posible ya que a mayor presión las paredes de la instalación deben de ser de mayor espesor, por tanto, la instalación se encarecería.

La presión de evaporación debe ser superior a la presión atmosférica para evitar la entrada de aire húmedo ya que se puede dar el caso que la presión de evaporación sea menor a la presión atmosférica, esto provocaría problemas en la instalación.

### **Tasa de compresión y exponente isotrópico**

En las condiciones de funcionamiento deben de tener valores bajos, ya que en ambos casos supone reducir el trabajo de compresión y la eficacia volumétrica varia inversamente con la relación de compresión.

### **Calor específico**

Un mayor rendimiento del refrigerante depende de que en el estado líquido el calor específico sea bajo y en el vapor el calor específico sea alto.

### **Temperatura de descarga del compresor**

Debe de ser moderada para evitar la descomposición del lubricante, pérdida de características o daños en los compresores.

### **Volumen específico del vapor**

Lo más recomendable es que el refrigerante tenga un volumen específico bajo ya que de esta forma se reduce el desplazamiento necesario del compresor y el diámetro de las tuberías

### **Conductividad eléctrica**

Si se da el caso que el motor eléctrico de la instalación está en contacto con el compresor el refrigerante debe ser aislante eléctrico ya que este puede entrar en contacto con el bobinado del motor. El refrigerante no debe ser conductor eléctrico ya que estropearía el motor.

### **Humedad**

El refrigerante no debe combinarse con el agua del circuito. El nivel máximo de agua admisible depende del tipo de refrigerante, del aceite lubricante y de las temperaturas de trabajo del sistema.

La combinación de agua con el refrigerante produce compuestos corrosivos que pueden afectar a los metales de la instalación oxidándolos.

Además, puede provocar que al mezclarse con el aceite de la instalación se formen sedimentos que pueden obstruir las válvulas y las tuberías del aceite, haciendo que el compresor no se lubrique adecuadamente.

En el caso de los compresores herméticos, al estar el motor en el mismo emplazamiento que el compresor, se puede producir un cortocircuito con la aparición de humedades.

Es importante que la concentración de agua sea la mínima posible para que la instalación funcione correctamente. El nivel máximo de humedad admisible para el amoniaco es del 1% del volumen total de amoniaco.

### **Compatibilidad con el aceite lubricante**

En instalaciones frigoríficas si el aceite entra en contacto con el refrigerante se debe saber si la mezcla entre el aceite y el refrigerante es miscible, es decir, si se mezclan bien, ya que si la mezcla no es miscible puede provocar problemas en la instalación como por ejemplo la disminución de la viscosidad y de su capacidad lubricante o que el aceite impregne las paredes internas del condensador y evaporador reduciendo su capacidad de intercambio de calor.

#### 1.7.2.3. PROPIEDADES DE SEGURIDAD

Las propiedades de seguridad de un refrigerante se analizan en función de dos aspectos:

#### **Toxicidad**

Causada por presentar un mayor o menor grado de toxicidad para el hombre o más ampliamente, por producir asfixia al desplazar el oxígeno. Si un fluido es tóxico, al fugarse puede intoxicar personas o contaminar alimentos. Así pues, se pueden distinguir dos clases de refrigerantes:

Clase A: Toxicidad baja o nula, es decir, con concentraciones de 400 ppm no se observan signos de toxicidad. En caso de fuga no se ven intoxicadas las personas.

Clase B: Tóxicos. Presentan síntomas de intoxicación en personas a concentraciones inferiores a 400 ppm. Requieren de sistemas de extracción determinados y condiciones de uso específicas. No pueden estar en contacto directo con alimentos.

## **Inflamabilidad**

Según el Reglamento de seguridad en instalaciones frigoríficas, los fluidos frigorígenos se clasifican en 3 grupos en cuanto a su seguridad se refiere:

### Grupo primero (refrigerantes de alta seguridad)

No combustible y de acción tóxica ligera o nula. Por ejemplo, los refrigerantes R22, R134a, R407C, R404A, R507, R410A.

### Grupo segundo (refrigerantes de media seguridad)

Con acción tóxica o corrosiva, o si su mezcla con aire puede ser combustible o explosiva en concentraciones mayores o iguales a 3,5% (en volumen). Por ejemplo, los refrigerantes R32, R717.

### Grupo tercero (refrigerantes de baja seguridad)

Si su mezcla con aire puede ser combustible o explosiva en concentraciones menores a 3,5% (en volumen). Por ejemplo, los refrigerantes R290, R600, R600a.

Los límites de concentración en el aire, en que es posible la inflamación o explosión, indica también el grado de seguridad del refrigerante, estos son: el límite inferior y el límite superior.

Para detectar estos límites se realiza una prueba consistente en acercar una fuente de ignición a una mezcla de refrigerante en gas y aire, a presión y temperatura determinadas.

Los refrigerantes se clasifican por grupos de seguridad de acuerdo con la tabla 3.

Tabla 3. Grupos de seguridad y su determinación en función de la inflamabilidad y toxicidad

Fuente: BOE núm. 57, de 8 de marzo de 2011

		Grupo de seguridad	
Inflamabilidad creciente ↑ ↑	Altamente Inflamable	A3	B3
	Ligeramente Inflamable	A2	B2
	No inflamable	A1	B1
		Baja Toxicidad	Alta Toxicidad
		→ → Toxicidad creciente	

Para el propósito de este reglamento se agrupan de forma simplificada como sigue:

- Grupo L1 de alta seguridad = A1;
- Grupo L2 de media seguridad = A2, B1, B2;
- Grupo L3 de baja seguridad = A3, B3;

Según los grupos de seguridad citados, en el grupo B2, correspondiéndose a un refrigerante de elevada toxicidad y ligeramente inflamable se encontraría el amoníaco.

### Efectos medioambientales

Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO) en inglés ODP (Ozone Depletion potential).

Parámetro adimensional que mide el potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico de la unidad de masa de una sustancia en relación con la del R-11 (CFC),  $ODP_{R11} = 1$ . Deben utilizarse fluidos frigorígenos con  $ODP=0$

Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) en inglés GWP (Global Warming Potential).

Parámetro que mide el potencial de calentamiento atmosférico producido por un kilo de toda sustancia emitida a la atmósfera, en relación con el efecto producido por un kilo de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, (GWD<sub>CO2</sub>=1) que se toma como referencia, sobre un tiempo de integración dado. Cuando el tiempo de integración es de 100 años se indica con PCA 100.

### TEWI (Total Equivalent Warming Impact)

Impacto total equivalente sobre el calentamiento atmosférico. Es un parámetro que evalúa la contribución total al calentamiento atmosférico producido durante su vida útil por un sistema de refrigeración utilizado. Engloba la contribución directa de las emisiones de refrigerante a la atmósfera y la indirecta debida a las emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) consecuencia de la producción de energía necesaria para el funcionamiento del sistema de refrigeración durante su período de vida útil. Se expresa en kilogramos equivalentes de CO<sub>2</sub>.

El parámetro TEWI intenta englobar las pérdidas durante el funcionamiento de una instalación, los restos de refrigerante que quedan dentro de los circuitos de una instalación cuando esta se desguaza, la energía que consume la instalación, es decir, lo que contamina para funcionar. (Koelet et al, 1997)

Hay una fórmula para calcular el TEWI, que es la siguiente:

$$TEWI = GWP * n * L + GWP * m * (1 - a) + E_{anual} * n * \beta$$

Donde,

GWP = global warning impact.

n = años que debe funcionar la instalación.

L = cantidad refrigerante que se fuga al año (kg/año).

m = kg de refrigerante en los circuitos.

a = % de refrigerante recuperado de las instalaciones de desguace.

E<sub>anual</sub> = energía que necesita la instalación para funcionar al año (kW\*h)

β = CO<sub>2</sub> / kW\*h

## 1.8. RESULTADOS FINALES

Siguiendo las exigencias del armador expuestas en la especificación y haciendo uso de programas como “CoolSelector”, referenciado en el apartado de Normas y Referencias de este proyecto, útil para la selección de equipos, se han escogido las siguientes unidades acorde con las necesidades de la instalación de este buque.

### 1.8.1. SELECCIÓN DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

A continuación, la selección de los principales elementos de la instalación:

#### 1.8.1.1. COMPRESOR

La planta de refrigeración consistirá en dos compresores de tornillo SABROE SAB151L, compresores de una sola etapa con volúmenes de barrido de 200-1000 m<sup>3</sup>, diseñados y configurados de forma que las características que nos aporta a la instalación son excepcionales debidas a su fiabilidad, alto rendimiento y bajo costos de operación, todo ello esencial para hacer frente a los requisitos de refrigeración industrial a menor escala.

Este modelo de compresor presenta los siguientes datos técnicos recogidos de la especificación del armador del buque. La capacidad del compresor es controlada mediante un convertidor de frecuencia en el rango 1200-3600 rpm.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 45/121

Tabla 4. Datos de diseño y funcionamiento del compresor

Fuente: Especificación del armador

Diámetro del rotor	151 mm
Relación longitud / diámetro	1.5
Velocidad rotor	3550 rpm
Volumen de barrido	850 m <sup>3</sup> / h
Rendimiento a - 41,0 / + 32,0 ° C	aprox. 153 kW
Potencia absorbida en - 41,0 / + 32,0 ° C	aprox. 105 kW
Potencia absorbida en - 34,0 / + 30,0 ° C	aprox. 121 kW
Potencia del motor, IP 23, Clase F con termistores	132 kW
Perfil asimétrico del rotor	4 + 6 SRM
Rodamientos de rodillos cilíndricos para carga radial	
Rodamientos de bolas de cuatro puntos para carga axial	
Junta mecánica del eje de metal	
Tope deslizante para ajuste manual de la relación de volumen interna Incorporado sin retorno Válvula en el lado de aspiración del compresor	
Filtro de aceite incorporado con columna magnética y elemento desechable de alta eficiencia	
Interruptor de flujo de aceite incorporado	
Taladros de aceite conectados con tubería interna	
Tubos de distribución de aceite a todas las conexiones de lubricación del compresor	

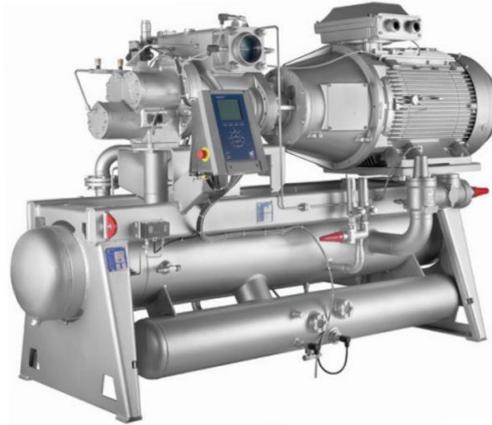


Ilustración 2. Unidad de compresor de tornillo SAB 151 con controlador de sistemas Unisab III

Fuente: JohnsonControls, catálogo

### Ventajas y beneficios del uso de este tipo de compresores

Debido al variador de velocidad y el control continuo de la capacidad aseguran que la capacidad se ajusta en todo momento a los requisitos demandados, consiguiendo una máxima eficiencia de la carga parcial y menores costes operativos posibles

Estos equipos de tornillo están equipados con un controlador de sistemas Unisab III, son núcleos centrales de conectividad que ayudan a asegurar que las instalaciones de refrigeración tengan el mejor rendimiento posible, el máximo tiempo de funcionamiento y los menores costos operativos posibles.

La válvula de arranque en frío lubrica el compresor sin necesidad de bomba de aceite.

El filtro de aceite captura 99 de todas las partículas mayores de 5 micras.

Esta instalación presenta un diseño compacto consiguiendo un ahorro de espacio en el buque, además de tener un perfil de funcionamiento más eficiente, menores costos de operación y menos mantenimiento.

Emplea el enfriamiento por termosifón del aceite enfriados por agua, con válvula de control de temperatura de aceite de 3 vías. Filtros de aceite duales característicos de este tipo de compresor.

Refrigeración con aceite de inyección líquida.

Sistemas economizadores completos

Bomba de aceite controlada por el controlador de sistemas Unisab.

Sensores y transmisores para el control por sistemas PLC externos.

Ambos compresores accionados con motores eléctricos controlados con cableado especial permiten tener una capacidad de congelación total incluso cuando se ejecuta el sistema en 50 Hz.

Ambos compresores se conectarán a dos condensadores de casco y tubo refrigerados por agua de mar con tubo y placa tubular de titanio puro.

Los compresores son accionados cada uno por un motor eléctrico de la marca Schorch. También una de las unidades del compresor llevará montada una bomba de carga de aceite.

#### 1.8.1.2. CONDENSADOR

El objetivo de un condensador, conceptualmente un intercambiador de calor, es lograr el cambio de estado (gas a líquido) del fluido refrigerante, como es el caso de este circuito de refrigeración, según Rapkin, (1992).

Para esta instalación se empelarán condensadores enfriados por agua, del cual el condensador de casco y tubo es probablemente el diseño más conocido, mundialmente hablando, en el cual el fluido en estado gaseoso condensa sobre la superficie externa de los tubos por los que se hace circular internamente agua de mar de enfriamiento.

El fabricante y modelo escogidos son: JohnsonControls, modelo: COTB 274002.

Para el suministro de agua de mar a los condensadores estos dispondrán de dos bombas de agua marina de tipo vertical, con carcasa de bronce, ya que es un material bastante resistente a la acción del agua marina. Las bombas llevarán acoplamiento directo al motor eléctrico mediante un eje de acero inoxidable.

Los tubos, a través de los cuales circula el agua de refrigeración, son de titanio puro y la envoltura exterior es de chapa de acero, lo que garantiza una larga vida útil y evitar la corrosión por picaduras entre los materiales desiguales

contra el agua de mar. Las tapas del extremo, fácilmente desmontables para la limpieza de los tubos, son de acero fundido cubierto con Rilsan, un material de poliamida. El condensador está provisto de una válvula de compensación de presión, válvula de seguridad y válvula de purga de aire.

Existen una serie de datos importantes en el dimensionamiento y/o selección de condensadores por agua, a saber:

### **Caudal de agua**

En el dimensionamiento o selección de condensador será importante comprobar la velocidad del líquido, que debe mantenerse entre rangos recomendados, en este caso es de 105 m<sup>3</sup>/h. En general lo que se procura es trabajar en un régimen turbulento evitando zonas de muy baja velocidad provocadas por un régimen laminar debido a velocidades bajas. De todas maneras, la tasa de intercambio aumenta con la velocidad sólo hasta determinado punto.

### **Caída de presión**

Definimos caída de presión a la pérdida de carga debido a fricción. En un condensador de este tipo es simplemente la diferencia de presiones entre la entrada y la salida. El empleo de velocidades excesivas puede generar una importante reducción de la vida útil del condensador.

### **Fouling/Condiciones de ensuciamiento**

En muchos casos las condiciones de funcionamiento reales de un condensador están determinadas por las características y calidad de agua del circuito. Debido a esto, todos los fabricantes responsables estiman factores de fouling. El condensador tiene un factor de ensuciamiento 0,0001 m<sup>2</sup>K/W.

#### **1.8.1.3. EVAPORADOR**

El evaporador es un elemento que recibe el refrigerante en parte líquido y en parte gaseoso. Aquí se evapora el refrigerante debido al calor absorbido del aire o agua que por él circula.

El compresor succiona el gas formado y vuelve a empezar el ciclo de la instalación frigorífica.

Un evaporador es cualquier intercambiador de calor en el que el fluido refrigerante se evapora a baja temperatura. El evaporador en una instalación frigorífica está ubicado entre la válvula de expansión termostática y la tubería de aspiración del compresor.

Su misión es la de absorber calor del recinto a refrigerar y transmitir ese calor al fluido refrigerante, lo que se consigue de la forma siguiente:

El fluido proveniente de la válvula de expansión entra al evaporador a la temperatura de ebullición correspondiente a la presión existente en el mismo, y lo hace como vapor saturado muy húmedo; debido a su baja temperatura, absorbe calor a través de las paredes del evaporador, por lo que se evapora la fracción líquida consiguiendo una totalidad de fluido refrigerante en estado gaseoso en el momento de salida del evaporador (Rapin, 1992). Es común en las instalaciones actuales que se sobrecaliente 10 °C el vapor saturado seco para asegurarse de que al compresor le llegue sólo gas.

### **Evaporador bodega**

En la bodega donde el producto va a ser conservado a (-26°C) se emplearán evaporadores de tubo con aletas de acero en bobina, cuyas espirales son de aproximadamente 18 mm.

Los evaporadores son elementos que trabajan a bajas temperaturas, y en el caso de nuestra instalación, a temperaturas cercanas a los -26 C. Se debe tener en cuenta que se puede formar escarcha o cristales de hielo dentro de los tubos impidiendo el paso adecuado de refrigerante.

Por este motivo, es importante realizar el desescarche del evaporador. La determinación de la duración y frecuencia de desescarche es muy difícil. Dependiendo del tipo evaporador y el tamaño y uso de la instalación será necesario realizar el desescarche durante más o menos tiempo y mayor o menor frecuencia.

El desescarche de los evaporadores se realizará por medio del método de gas caliente.

En este sistema se consigue el desescarchado mediante el uso del gas caliente de la descarga del compresor que es inyectado de nuevo al evaporador

#### 1.8.1.4. CONGELADORES DE PLACAS

El principio básico de funcionamiento de un armario de congelación por placas, se basa en la transferencia de calor desde el producto a unas placas metálicas refrigeradas que están en contacto directo con él. El calor se transfiere por conducción, lo que mejora el rendimiento de la instalación y, consecuentemente, permite reducir el tiempo de congelación.

Las placas suelen construirse de aluminio extruido, en cuyo interior circula el refrigerante, que se suele circular con bomba o por expansión directa como es en este caso. Con el fin de que el contacto entre producto y placas sea lo más íntimo posible, se suele ejercer una ligera presión sobre las placas, mediante una instalación hidráulica, de manera que ambas superficies estén en contacto permanente mientras dura la congelación, pero su valor debe ser pequeño para evitar deformar el producto, así como permitirle una pequeña dilatación al congelarse.

Existen dos tipos de congeladores de placas: horizontales y verticales, atendiendo a la situación de las mismas:

#### **Armario de congelación de placas horizontales**

Se emplearán dos armarios horizontales para congelar bloques de carne de almejas, suministrando al sistema el refrigerante, en nuestro caso amoniaco R-717, mediante una bomba de circulación. Los evaporadores del congelador se fabricarán en acero galvanizado, diseñados para la circulación de aire por gravedad y operación manual de descongelación con gas caliente, al igual que en los evaporadores de la bodega.

El tipo de congelador de placas que se va a instalar es: DSI HK 24/8



DSI Horizontal Plate Freezers

Ilustración 3. Congelador de placas horizontal. Modelo DSI

Fuente: A/S Dybvad Stål Industri

La apertura mínima y máxima entre placas es de 60 mm y 127 mm, pero cuidando que en una carga todos los espesores sean iguales, con el fin de que el contacto entre las superficies horizontales sea similar en todas las placas.

El número estaciones de congelación será de 8, en ellas la carga debe repartirse bien y evitando que existan protuberancias sobre los bloques de producto (por exceso de carga en alguno de ellos) o sobre las placas (suciedades o escarcha), para que la presión se ejerza de una forma homogénea. El producto se suele colocar directamente sobre las placas y puede ir envasado o no.

Si la carga se efectúa bien y la presión es adecuada, el tiempo de congelación no debe superar las tres horas y media, aunque dependerá del espesor.

La carga y descarga se hacen a través de una puerta frontal trasera. Una vez finalizada la congelación, el bloque se extrae manualmente y se instalarán válvulas manuales para el funcionamiento del sistema hidráulico.

Datos técnicos:

-Dimensión: 2965x1720x2392 mm

-Dimensiones de placa: 2190 x 1230 mm

Capacidad:

- Producto: Carnes de almejas
- Dimensiones de bloques: 615x415x60 mm.
- Peso de cada bloque, estimado: 12 kg
- Peso por lote: 960 kg
- Tiempo de ciclo por lote, estimado: 245 minutos (120 + 90 + 35)
- Capacidad por 24 horas: 4800 kg por congelador con 5 ciclos
- Capacidad por hora: 208 kg por hora por congelador
- Temperatura del producto Entrada / Salida: + 6 ° C / -22 ° C
- Temperatura de evaporación: - 40 ° C

### **Los armarios congeladores de placas verticales,**

Se usan normalmente para grandes cantidades de producto, o a granel, por lo que es más flexible que el horizontal. Las placas están situadas verticalmente y son desplazables horizontalmente.

EL tipo de congelador de placas verticales es: DSI V3 20/51 B



DSI Vertical Plate Freezers

Ilustración 4. Congelador de placas vertical. Modelo DSI

Fuente: A/S Dybvad Stål Industri

El congelador está dividido en una serie de cámaras o estaciones en dónde se introduce el pescado, cada una de ellas puede albergar productos de almeja del siguiente tamaño 528 x 530 x 51 mm entre placas de dimensiones: 1070 x 530 mm con un número de estaciones de congelación de 20,

disponiéndose la carga y descarga manual del producto por la parte frontal. Se suministrará fluido refrigerante, R-717, a través de una bomba de circulación. Una vez vaciado el congelador debe procederse a su desescarche, el cual suele hacerse con gas caliente.

Es más flexible que el horizontal, pero la presentación del producto es peor, es rápido de carga y descarga y el ciclo de congelación no durará más de 4 horas.

En ambos tipos, los armarios ocupan poco espacio, lo que supone una ventaja sobre el túnel, y suelen ser de aluminio o aleación de éste aislado, con el fin de disminuir las pérdidas de frío al mínimo. Respecto a los túneles, tienen el inconveniente de ser menos flexibles y de poder dañar al pescado por la presión de las placas, pero son más rápidos y requieren menos energía para la misma producción.

#### 1.8.1.5. TÚNEL DE CONGELACIÓN

Son cámaras aisladas en cuyo interior se coloca el producto a congelar, haciéndose circular una corriente de aire frío que extrae el calor del mismo.

Las principales características de este sistema son que el producto sólo está en contacto con el aire, por lo que no sufre ningún tipo de deterioro, salvo una pequeña desecación que favorece la velocidad de congelación. Esta desecación da lugar a una ligera disminución de peso que normalmente no supera el 2%, pero en pescados muy pequeños puede llegar al 8%. Si el producto se congela envuelto o empaquetado, la pérdida de peso es despreciable.

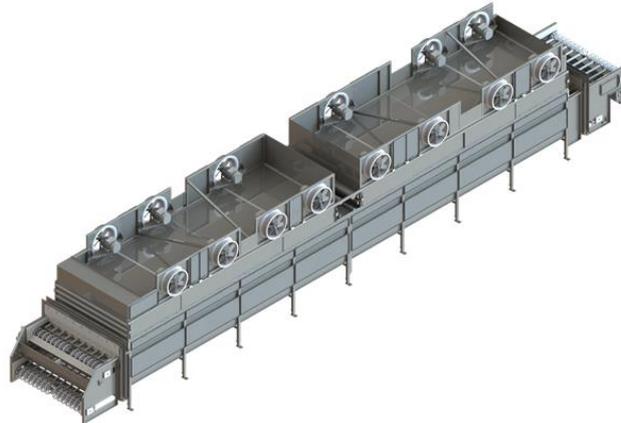


Ilustración 5. Túnel de congelación rápida individual.

Fuente: Carsoe

Para esta instalación han sido seleccionados los congeladores de túnel IQF de Carsoe AS. Estos túneles están diseñados para formar parte de una línea de procesamiento automático. En una correa de láminas de plástico el producto es conducido por delante de ventiladores axiales, que soplan el aire a través de un evaporador que genera una temperatura del aire por debajo de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El armario está hecho de módulos con aislamiento de poliuretano. Suelo de acero inoxidable con desagüe para la limpieza.

El marco del transportador está hecho de acero inoxidable y el cinturón de materiales aprobados para poder transportar productos alimenticios. El diseño abierto facilita una limpieza que satisface incluso las demandas veterinarias más estrictas.

Este congelador presenta las siguientes características:

- Capacidad: Hasta 15 toneladas / 21 horas (70 kW absorbiendo el efecto de enfriamiento del producto).
- El túnel dispondrá de 14 ventiladores con motor tipo Grundfos.
- Temperatura de entrada:  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de salida:  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tiempo de congelación: Cinturón superior de 6 minutos y correa inferior de 20 minutos.

-El armario principal lleva instalados paneles sándwich de 100 mm de grosor aislados con poliuretano y cubiertos con chapas de acero inoxidable 0,8 calidad: AISI 304. El fondo debe estar aislado de espuma.

#### 1.8.1.6. VÁLVULA DE EXPANSIÓN

La válvula de expansión es un dispositivo que controla la cantidad de flujo del refrigerante que pasa del condensador al evaporador, reduciendo a un líquido caliente a alta presión al entrar, a un líquido a baja presión a su paso por el evaporador.

Dichas válvulas serán del tipo automático, regulada por la temperatura del evaporador.

La empresa suministradora de las válvulas de expansión que montaremos en nuestra instalación será Danfoss.

### 1.8.2. SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS AUXILIARES Y DE CONTROL

A continuación, se hará la selección de los elementos auxiliares y de control.

#### 1.8.2.1. SEPARADOR DE ACEITE

Es un elemento que se dispone después del compresor. Su posición es esa debido a que hay cierta cantidad de aceite que pasa y se introduce en el condensador para acabar depositándose en el evaporador. Esto puede producir una disminución del rendimiento en la transmisión de calor en los intercambiadores al adherirse el aceite a las paredes del mismo.

Es necesaria la instalación de un separador de aceite por tres razones:

- Para mantener un nivel de aceite conveniente dentro del cárter del compresor con el fin de asegurar la lubricación de los órganos en movimiento;
- Para suprimir la acumulación imprevista de aceite en determinados lugares de la instalación;

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 56/121

- Para mantener lo más baja posible la concentración de aceite con el fluido frigorígeno.

El caso del amoníaco con su mala miscibilidad con los aceites, obliga a la instalación de un separador de aceite.

El fabricante que hemos elegido para nuestro caso en particular, es Tecnac.

Para la selección del separador de aceite debemos conocer la potencia total de la instalación y la temperatura de evaporación más fría.

La potencia frigorífica total es de 112 kW y la temperatura de evaporación es de -40°C.]. El modelo que más se adecua a nuestras necesidades es el CAT.I-SAC-3-NH3 con capacidad para 19,8kW.

#### 1.8.2.2. RECIPIENTE DE LÍQUIDO

Se instala tal elemento accesorio en la línea de líquido, tras el condensador, y su misión es recoger el refrigerante condensado para después alimentar al evaporador. Permite amortiguar las fluctuaciones en la carga del refrigerante y mantener el condensador purgado de líquido.

En este elemento se almacena el líquido refrigerante, está situado debajo del condensador, permitiendo que el líquido refrigerante se deposite en él. Su capacidad es tal que, en periodos de inactividad de la instalación, puede almacenar todo el refrigerante de la instalación.

Para evitar inconvenientes en el servicio de nuestra instalación es necesario constituir una reserva de refrigerante líquido entre el condensador y el evaporador.

Esta acumulación de líquido refrigerante se constituye en el interior de un recipiente en el que puede depositarse el líquido formado por el condensador.

Según el Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas, el recipiente de líquido deberá ser como mínimo 1,25 veces la capacidad del mayor evaporador de la instalación.

Del catálogo Tecnac seleccionamos el modelo RLD-90 apto para el refrigerante R-717, recipiente tarado a 32 bares.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 57/121

#### 1.8.2.3. FILTRO DESHIDRATADOR

En un circuito frigorífico perfectamente realizado, perfectamente estanco y deshidratado antes de su puesta en servicio, no debería aparecer ninguna señal de humedad.

En la práctica, y después de cierto tiempo de funcionamiento, pueden aparecer señales de humedad que perjudican al sistema.

Está situado después del condensador y antes del visor, sus objetivos son los siguientes: eliminar cuerpos sólidos, eliminar pequeñas cantidades de líquido y así colabora a que no se produzcan cristales de hielo y neutralizar en pequeñas cantidades los ácidos producidos por la degradación del aceite que ayudan a la corrosión de la instalación.

Cuando se tapona se detecta debido a que su diámetro de paso disminuye y se produce una expansión del refrigerante en él.

Hemos seleccionado la marca Danfoss y el modelo DCL 033, con conexión SAE/ODF de 3/8”.

#### 1.8.2.4. VISORES DE LÍQUIDO

Serán instalados en las tuberías de líquido, lo que nos permitirá durante el curso de su funcionamiento detectar si en la tubería de líquido el sistema tiene carga suficiente o si se produce una pérdida excesiva de carga debido a la formación de burbujas. Para la observación a través del visor se dispone de un cristal de gran espesor.

Otra función del visor es determinar el contenido de humedad del refrigerante gracias a un indicador que cambia de color, verde si el contenido es aceptable o amarillo si es excesivo. El visor se instala entre el filtro deshidratador y el dispositivo de expansión.

El modelo seleccionado es el 3710/33 de conexión SAE 3/8” del catálogo de la empresa Castel.

#### 1.8.2.5. PRESOSTATOS

Los presostatos son elementos de seguridad o de regulación de funcionamiento. Se accionan por un interruptor eléctrico, cuando la presión alcanza alguno de los límites al cual ha sido reglado el presostato. Una vez es accionado, éste solo puede tener dos posiciones: abierto o cerrado.

Existen cuatro tipos de presostatos:

1. De baja, se acciona cuando la presión de aspiración disminuye del valor marcado.
2. De alta, se acciona cuando la presión de descarga se eleva por encima de un determinado valor.
3. Combinados, se trata de un elemento de seguridad entre el de baja y el de alta.
4. De aceite, controla la lubricación del compresor

Del catálogo de JohnsonControls hemos adoptado para nuestra instalación los siguientes presostatos de alta y baja:

Modelo P77bca 9300 será el presostato de baja y el modelo P77BEA 9350 será el presostato de alta.

#### 1.8.2.6. SEPARADOR DE LÍQUIDO

Este elemento está situado entre el evaporador y el compresor con el objetivo de evitar que lleguen al compresor partículas líquidas que podrían deteriorar al compresor.

Modelo WSD del catálogo de Atlas Copco.

#### 1.8.2.7. PURGADOR DE AIRE

Cuando la instalación trabaja a presiones por debajo de la atmosférica, se puede dar el caso que entren en el circuito gases no condensables del exterior. Este hecho puede afectar al funcionamiento de la instalación ya que se producen impurezas en el refrigerante y afectando a la presión adecuada del circuito. El proceso para eliminar estos gases es el siguiente: el purgador

de aire va conectado con el condensador y el depósito de líquido, tiene un serpentín por el cual entran los gases y vapor refrigerante, entonces éstos se enfrían, haciendo que el vapor de refrigerante se condense, y regrese al depósito de líquido, y se separe de los gases del exterior que son evacuados del circuito.

Se empleará un purgador de aire semi-automático modelo Atlas Copco

#### 1.8.2.8. DESHUMIDIFICADOR



Ilustración 6. Deshumificador modelo C35E/C35D

Fuente: Teddintong

Para mejorar el proceso de congelación del producto se ha de retirar la humedad que exista o aparezca en la sala donde se realice tal proceso.

Del catálogo de Cotes se ha elegido el modelo C35D-3.2 3X400V / 60HZ PLC-C, diseñado para el volumen de la habitación de 28 m<sup>3</sup> aportando 2,7 kW.

#### 1.8.2.9. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Es necesario su uso en instalaciones donde los distintos elementos están muy separados entre sí. La colocación de bombas permite una mejor eficiencia en el intercambio de calor ya que el aceite no se deposita en las tuberías, sino que es arrastrado a través del evaporador, además de facilitar su purga en el separador de líquido.

Las bombas Hermetic de la serie CAM (R 2/2) son bombas centrífugas completamente cerradas, de varias etapas, sin ningún tipo de sistema de estanqueidad del eje, accionadas electromagnéticamente mediante un motor encapsulado. Son movidas por motores eléctricos de 3,5 kW de potencia.

Las bombas se emplearán para la circulación de R717 en los congeladores de placas, los congeladores del túnel IQF y para la bodega de refrigeración.

#### 1.8.2.10. TERMOSTATO

Su misión es regular la temperatura en el interior de las cámaras entre dos límites prefijados. Es el elemento principal de regulación del ciclo marcha/paro del circuito frigorífico.

El termostato tiene un bulbo que se montara en cada cámara. Este bulbo a su vez tiene en su interior un fluido; cuando ese fluido este más o menos caliente en función de la temperatura del entorno, se generará mayor o menor presión; esta presión del bulbo actúa sobre un interruptor que se accionará gracias a un fuelle que se deforma.

Montaremos para todas las cámaras el modelo de termostato con bulbo TS1-B2A de Alco con un rango operativo de -30/+15 con selector de Marcha/Paro.

#### 1.8.2.11. SENSORES DE TEMPERATURA

Se instalarán sensores de temperatura tipo PT-100 con un valor de temperatura ambiente mínima de -35°C.

#### 1.8.2.12. VÁLVULA DE RETENCIÓN

En muchas instalaciones, un mismo compresor alimenta diversos evaporadores a presión y temperaturas distintas, con el consiguiente riesgo de que los vapores procedentes de los evaporadores a alta presión, recirculen a contracorriente por los de baja presión y temperatura, condensando en ellos y pudiéndose provocar golpes de líquido en los arranques del compresor. Para enmendar este inconveniente, basta incorporar al circuito en los puntos adecuados, válvulas de retención.

El principio de este tipo de válvulas es muy simple, una válvula de disco, normalmente, obtura, mediante la fuerza ejercida por un resorte, el paso de fluido; cuando la fuerza ejercida por el fluido supera la debida al resorte, la válvula se abre permitiendo el paso en una dirección, siendo imposible la circulación en sentido contrario, ya que ambas fuerzas se aplicarían en la misma dirección, manteniendo totalmente cerrada la válvula.

Para nuestra instalación frigorífica utilizaremos el modelo de válvula de globo 3122/11 de Castel. Para evitar los golpes de líquido en la descarga de los compresores durante las arrancadas instalaremos las válvulas de retención modelo NRVA 65 del catálogo de Danfoss.

#### 1.8.2.13. VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL DE AGUA DE CONDENSACIÓN

Controla el caudal de agua de circulación con objeto de mantener la presión de condensación constante. Está formada por una membrana en la que por un lado actúa la presión de condensación, y por otro la presión de descarga del condensador. Va colocada en la tubería de descarga del agua de circulación. Cuando la presión de condensación baja del valor prefijado, la válvula se cierra y cuando la presión de condensación sube de este valor prefijado, la válvula se abre.

Hemos elegido el fabricante Danfoss en cuyo catálogo encontramos el modelo seleccionado WVFX10.

#### 1.8.2.14. VÁLVULA SOLENOIDE

Permite el paso de refrigerante por la tubería de líquido hacia el evaporador, únicamente cuando el compresor funcione. Es un tipo de válvula “todo o nada”, formada por un bobinado de cobre y un núcleo de hierro, que regularán el paso de refrigerante, en condiciones de excitación de la bobina. Se sitúa al final de la tubería de líquido.

Hemos seleccionado el modelo EVRAT 15 de Danfoss.

#### 1.8.2.15. VÁLVULAS MANUALES DE CIERRE

Son utilizadas para cerrar y abrir el paso de refrigerante en las líneas de líquido, descarga y aspiración

#### 1.8.2.16. VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad permanecerán normalmente en posición de cierre, hasta que se alcance una presión determinada llamada presión de “timbre”. Irán montadas en los condensadores para protegerlos de un aumento excesivo de la presión ocasionado por una diferencia en la condensación del refrigerante. Otra se colocará antes del recipiente de líquido, que evitará la fuga del líquido.

Hemos adoptado el modelo FACR/01-14-27R del catálogo FAVRE con tarado para 27.5 bares.

#### 1.8.2.17. BOMBA DE AGUA DE CIRCULACIÓN

La función de esta bomba es la de impulsar el agua de circulación en el condensador, para que la condensación del refrigerante se produzca de forma correcta.

#### 1.8.2.18. MANÓMETROS DE ALTA Y BAJA

Los manómetros son artilugios que sirven para medir la presión de los fluidos contenidos en recipientes cerrados. Existen básicamente dos tipos de manómetros: los metálicos y los de líquidos.

En los manómetros metálicos la presión del gas, da lugar a deformaciones en una cavidad o tubo metálico. Estas deformaciones se transmiten a través de un sistema mecánico a una aguja que marca directamente la presión del gas sobre una escala graduada.

Son elementos de medida indispensables para el control de cualquier planta frigorífica. En la instalación se montará uno en la tubería de aspiración (manómetro de baja) y otro en la tubería de líquido (manómetro de alta).

Los modelos adoptados para nuestra instalación serán el modelo 825 BC/247 para el manómetro de baja presión y el modelo 823 BC/247 para el de alta presión. La empresa suministradora será Pecomark.

#### 1.8.2.19. ECONOMIZADOR

El subenfriador (o economizador) subenfriará el líquido que se dirige hacia los servicios de baja temperatura, mediante la expansión de una fracción de líquido hasta la temperatura de evaporación de alta o media.

El subenfriamiento conseguido aumenta la potencia frigorífica de los compresores de baja temperatura, que de esta manera pueden ser seleccionados de menor potencia (desplazamiento) nominal o, eventualmente, un compresor menos.

Se realiza un subenfriamiento del líquido refrigerante para garantizar que a la válvula de expansión llega líquido, es práctica común enfriar el líquido refrigerante por debajo de su temperatura de condensación.

Este subenfriamiento se realiza en el propio condensador o en un intercambiador dispuesto al efecto. Si se realiza en el condensador, la temperatura más baja a la que podría subenfriarse el líquido sería la temperatura del fluido de condensación.

Diseñar una instalación de estas características equipando un economizador conlleva una serie de ventajas como son:

- Mejora muy sustancial del rendimiento energético global de la instalación, debido al subenfriador.
- Reducción del número o de la potencia nominal de los compresores de baja temperatura.

#### 1.8.2.20. TUBOS

Se llevará a cabo una selección de tubos y conjuntos para el sistema completo. Los tubos suministrados estarán formados en acero inoxidable ASSI 316L.

### 1.8.3.ELEMENTOS ADICIONALES DE LAS CÁMARAS DE REFRIGERACIÓN

#### Puertas:

Las puertas de la bodega se encuentran sometidas a un uso de frecuencia importante por lo que sus características constructivas y mecánicas cumplirán siempre las máximas exigidas.

Entre las cualidades más destacables que se pueden citar:

- Que sea isoterma, es decir, deberá estar aislada, utilizándose el poliuretano como material aislante.
- Que sea estanca al vapor de agua y al aire.
- Que sea resistente a golpes, debido a su apertura y cierre, con la condición de que su construcción sea ligera para para facilitar su uso.
- Que las dimensiones de las mismas sean adecuadas para el tipo de cámara.

#### Válvulas depresoras de presión:

Dentro de la cámara se pueden generar sobrepresiones o depresiones al realizar operaciones como: puesta en marcha de las cámaras, descongelación de evaporadores, entradas de mercancía, etc.

Los daños producidos por este efecto pueden ser muy importantes, por lo que debe preverse el equilibrado de presiones de manera automática entre el exterior y el interior del recinto frigorífico. Es por esto que se instalan elementos para el equilibrado de presiones.

### 1.8.4.ELEMENTOS DE SEGURIDAD

El personal que entre en la cámara podrá disponer de un equipo de protección personal de seguridad de amoniaco en caso de necesitarlo.

El equipo incluye:

- Dos trajes químicos aprobados por DNV con botella de oxígeno, regulador y cuatro mascarillas de amoníaco con filtros de repuesto.

Se instalarán sensores de detección de fugas en los siguientes lugares de acuerdo con los requisitos de DNV para la instalación de sistemas de refrigeración de amoníaco en los buques pesqueros:

- Dos en la sala de máquinas de refrigeración
- Tres en la plataforma de proceso
- Dos en la bodega de carga
- Uno en el tubo de salida común de las válvulas de seguridad
- Uno en la sala de almacenamiento de amoníaco

### 1.8.5.MATERIALES AISLANTES

El principal cometido de un material aislante es obviamente cumplir su función. Un aislante térmico deberá ofrecer una buena resistencia a la transmisión del calor. Independientemente de sus propiedades específicas, a los aislantes se les pide cualidades complementarias.

Las principales de estas cualidades son:

- Precio o relación con el servicio que presta.
- Flexibilidad o rigidez según la estructura portante.
- Ausencia de propiedades corrosivas para los materiales con los que el aislante está en contacto.
- Estabilidad física y química: ausencia de dilatación excesiva al calor, resistencia a diversos agentes de destrucción: humedad u oxidación.
- Buena resistencia mecánica.
- Estética si el producto queda visto.
- Incombustible o por lo menos ausencia de inflamabilidad.

Los materiales aislantes utilizados en la industria frigorífica suelen estar constituidos por multitud de celdillas o células que contiene en su interior aire u otros gases en reposo, dando lugar a una conductividad térmica muy pequeña.

La utilización térmica de estos materiales es esencial en las instalaciones frigoríficas, limitando considerablemente la entrada de calor y reduciendo los costes de instalación y funcionamiento de las mismas.

Las características generales de los materiales aislantes están especificadas en la norma UNE 100171:1989. Según dicha norma “los materiales aislantes se identifican en base a las características de conductividad térmica, densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua, absorción de agua por volumen o peso, propiedades de resistencia mecánica a compresión y flexión, módulo de elasticidad, envejecimiento ante la presencia de humedad, calor y radiaciones, coeficiente de dilatación térmica y comportamiento frente a parásitos, agentes químicos y fuego”.

Según la norma, los distintos materiales aislantes se subdividen en las siguientes clases:

MIF = Materiales Inorgánicos Fibrosos (lana de roca, fibra de vidrio, amianto), para aplicaciones 0°C hasta 650°C, según el material.

MIF-f flexibles, en forma de fieltros o mantas.

MIF-s semirrígidos, en forma de planchas.

MIF-r rígidos, en forma de planchas o coquillas.

MIC = Materiales Inorgánicos Celulares (vidrio celular), para aplicaciones desde -50°C hasta 100 °C, en planchas rígidas.

MIG = Materiales Inorgánicos Granulares (perlita, vermiculita, silicato cálcico).

MIG-b para aplicaciones de baja temperatura, de 40 a 100 °C (perlita, vermiculita).

MIG-a para aplicaciones de altas temperaturas, hasta 800 °C (silicato cálcico).

MOC = Materiales Orgánicos Celulares (corcho, poliestireno, poliuretano, espumas elastoméricas y fenólicas), para aplicaciones desde -50°C hasta 100°C.

MRL = Materiales Reflectantes en láminas enrollables (aluminio, acero, cobre).

En particular, algunos de los materiales aislantes que se utilizan generalmente en el aislamiento térmico de cámaras frigoríficas son los siguientes:

CORCHO, bien sea en aglomerado ( $k = 0,039 \text{ W/ (m } ^\circ\text{C)}$ ), expandido ( $k = 0,036 \text{ W/ (m } ^\circ\text{C)}$ ) o en tableros ( $k = 0,042 \text{ W/ (m } ^\circ\text{C)}$ ). Es el material más tradicional ya que, si se instala adecuadamente, se conserva bien durante largo tiempo.

Tiene una buena resistencia mecánica, siendo adecuado para el aislamiento de suelos de cámaras frigoríficas.

POLIESTIRENO EXPANDIDO ( $0,03$  a  $0,057 \text{ W/ (m } ^\circ\text{C)}$ ). Material sintético más moderno, más económico y de montaje más simple, es uno de los más utilizados en instalaciones frigoríficas. Se suelen presentar en paneles de  $1.20 \times 0.60 \text{ m}$  con espesores de  $60$ ,  $120$  o  $140 \text{ mm}$ , siendo los de  $120 \text{ mm}$  los más comunes.

ESPUMA DE POLIURETANO ( $k = 0,023 \text{ W/ (m } ^\circ\text{C)}$  para la mayoría de los tipos). Material sintético económico y de fácil manejo. Puede obtenerse como espuma rígida (poliuretano conformado) o aplicarse en el momento (poliuretano aplicado in situ). Este último método ha sido muy utilizado, ya que la expansión puede realizarse en el interior del molde que se desea aislar. En la actualidad, los paneles prefabricados resultan más baratos y requieren menos mano de obra a la hora de colocarlos.

Suele aplicarse únicamente en el intervalo de temperaturas entre  $-30^\circ\text{C}$  y  $70^\circ\text{C}$ , por lo que no puede utilizarse en túneles de congelación con temperaturas muy bajas, ni en tuberías de vapor.

ESPUMA SÓLIDA DE VIDRIO (foamglas) o VIDRIO CELULAR ( $k = 0,44 \text{ W/ (m } ^\circ\text{C)}$ ). Se presenta en bloques rígidos que permiten su utilización como elementos resistentes y de cerramiento, pudiendo ser utilizados en suelos y superficies cargadas. Esto abarata la obra civil de la cámara, ya que sustituye los materiales tradicionales más su correspondiente aislamiento.

FIBRA DE VIDRIO, LANA DE VIDRIO O LANA MINERAL, cuya aplicación se limita a temperaturas superiores a 0°C. Se distinguen hasta seis tipos, dependiendo de su densidad (desde semirrígidos hasta rígidos), con conductividades entre 0,033 W/ (m °C) y 0,44 W/ (m °C). Si no se especifica el tipo, se toma un valor medio de conductividad de 0,035 W/ (m °C).

ESPUMA RÍGIDA DE POLIESTIRENO EXTRUSIONADO, con conductividad 0,033 W/ (m °C), que se comercializa en paneles de 1,25 m por 0,60 m y espesores de 30 mm, 40 mm y 50 mm.

#### 1.8.5.1. ESPESOR DEL AISLAMIENTO

El cálculo del espesor que debe de tener la capa de aislante tiene cierta importancia práctica. Así, si la cámara se aísla deficientemente será necesario invertir en mejores equipos frigoríficos y aumentaran los gastos energéticos. Por el contrario, si se aísla en exceso los equipos de refrigeración y el consumo serán menores, pero aumentará el coste de aislamiento.

Es necesario, por tanto, establecer cierto equilibrio entre ambos extremos. En principio, el espesor del aislante vendrá dado por el flujo de calor que exista, por la diferencia de temperaturas externa e interna, por la superficie a aislar, y por el tipo de aislante seleccionado. Este cálculo puede realizarse siempre que se conozcan todos los datos y suponiendo que el aislamiento se realice mediante una única capa de aislante. En realidad, suele recomendarse que el aislamiento se realice en dos capas al menos.

#### 1.8.5.2. BARRERA O PANTALLA ANTIVAPOR

Otro aspecto a tener en cuenta en el aislamiento de instalaciones de refrigeración es la colocación de barreras o pantallas antivapor, es decir de un material que reduzca la transferencia de vapor. La eficacia del aislamiento de la cámara depende en gran parte de que permanezca seca. Como sabemos, la disminución excesiva de temperatura que provoca la condensación del agua existente en el aire (una vez que se alcance la temperatura del rocío).

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEMORIA	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 69/121

Debe evitarse, por tanto, que el vapor pase al interior de la cámara mediante la colocación, en la parte externa de la cámara, de pantallas que impidan el paso del vapor.

En particular, la norma UNE 100171:1989 señala que “los materiales aislantes instalados sobre equipos y conducciones en cuyo interior esté un fluido a temperatura inferior a 15 °C llevarán siempre una barrera antivapor sobre la cara exterior del aislamiento”. Dicha norma denomina “BA” a los materiales en láminas para barreras antivapor haciendo referencia a los siguientes: polietileno, poliéster, aluminio, papel kraft, pinturas al esmalte y descubrimientos asfálticos.

La norma también indica que “la eficiencia de la barrera antivapor se reduce fuertemente cuando existen discontinuidades como, por ejemplo, juntas deficientemente selladas, falta de solape, insuficiente espesor del material de la barrera, expansión térmica no compensada, esfuerzos mecánicos aplicados desde, envejecimiento, etc

Por lo tanto, se cuidará con esmero el cierre de las juntas de la barrera antivapor. En la fijación de dichas barreras se debe evitar, por ejemplo, la realización de agujeros, por donde penetraría fácilmente el vapor de agua.

La bodega de frío llevará el siguiente aislamiento en los mamparos, techo y suelo de la misma:

En los mamparos se instalará poliuretano de 250 mm de espesor.

El techo de la bodega irá aislado con lana de roca de 500mm de espesor y se aplicará el mismo acabado que los mamparos.(Mamparos de babor y de estribor, mamparos de proa y popa.)

El suelo solo llevará una capa de poliuretano de 150mm de espesor.

#### 1.8.6.REFRIGERANTE

El refrigerante que va a circular por la instalación es el amoníaco (NH<sub>3</sub>), conocido como R-717. Posiblemente la sustancia más parecida al refrigerante ideal, salvo por el carácter muy irritante de su vapor. Su temperatura crítica es

de 132 °C (405,5 K) y su punto de congelación normal es de -77,9 °C. Posee buenas características de transferencia de calor y su calor latente de vaporización es elevado. Presenta un inconveniente debido a su toxicidad en altas concentraciones. En presencia de aire y a concentraciones entre 15% - 25% en volumen, arde débilmente.

Se pueden dimensionar los tubos con diámetros de poco valor debido a su gran diferencia entálpica entre líquido y gas. Estos tubos no pueden ser fabricados de materiales como el cobre o el zinc y sus aleaciones porque los corroe, lo que implica que las tuberías deben ser de material férreo. Es soluble en agua y totalmente inmiscible en los aceites lubricantes.

Sus fugas se detectan rápidamente por el olor y porque al quemar azufre en presencia de amoníaco se producen características humos blancos de sulfato de amoníaco. Su coste es relativamente bajo, se suministra en recipientes metálicos que emplean como distintivo una franja de color verde.

#### Propiedades Físicas:

Estado físico: líquido y gaseoso

Color: incoloro

Olor: irritante

Densidad: 0,7714 kg/ (gas a 0°C y 1 atm)

Punto de ebullición: -33,4°C

Presión crítica: 113 atm.

Temperatura crítica: 132,4°C

Como se mencionó anteriormente, un refrigerante debe de preferencia tener un valor alto de calor latente de evaporación, ya que esto es lo que hace posible la refrigeración. Mientras mayor sea este valor, se requerirá circular menos cantidad de refrigerante. El calor latente de evaporación del R-717 (amoníaco) es muy alto, 313.89 kcal/kg.

## 1.9. PLANIFICACIÓN

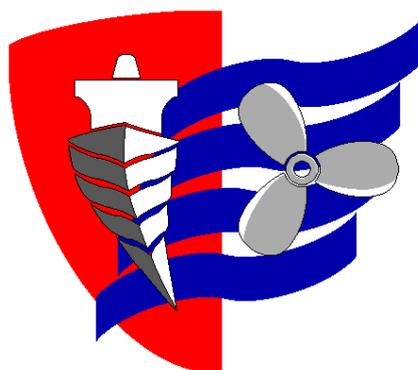
Para comenzar el proyecto lo primero que tuve que plantearme fue el tema sobre el cual iba a desarrollar trabajo. En el último curso de la carrera impartí una asignatura denominada refrigeración y me interesé en saber qué sistema de refrigeración se suele instalar en los buques hoy en día. Debido a eso y a mi paso por el astillero (en periodo de prácticas externas curriculares) pude hablar con el personal de la empresa y me proporcionaron material suficiente sobre la instalación de frío de un buque en el que estaban trabajando. De esta forma obtuve los planos, especificación, presupuestos de la obra, etc.

Unos días después ojeando libros sobre instalaciones frigoríficas estructuré el índice del trabajo, a medida que iba avanzando más con el trabajo reestructuré esos puntos teniendo que añadir o incluso sustituir algunos.

Para hallar las pérdidas de carga en las paredes tuve que trabajar sobre los planos para obtener las medidas de los mamparos y poder calcular la superficie de ellos, así como el volumen de los diferentes recintos de los que se han hablado en el apartado de cálculos.

Al finalizar el balance térmico utilicé el programa CoolSelector de Danfoss para empezar a escoger algunos elementos de control como válvulas de seguridad, de retención, etc. En función de las temperaturas de evaporación y condensación y de la potencia frigorífica se fueron eligiendo los demás elementos, pese a que algunos ya estaban escogidos por el armador en la especificación proporcionada por el astillero.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**ANEXOS**

## 2. ANEXOS

A continuación, se realizarán los cálculos pertinentes para hallar la potencia frigorífica de la instalación.

### 2.1. CÁLCULOS

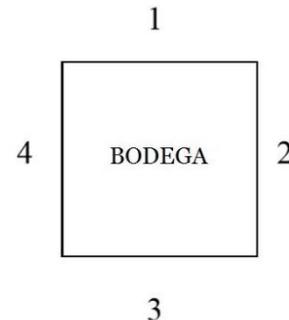
#### 2.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA BODEGA DE CONGELACIÓN

Se dispondrán válvulas de igualación de presión en la bodega la cual está equipada con evaporadores con desescarche. Las puertas serán de tipo bisagra. Se instalarán medidas de seguridad como un pulsador a una altura de 400mm sobre el suelo que permita a toda persona que se encuentre atrapada en el cuarto dar aviso de su presencia y provocará el encendido de una lámpara de emergencia situada fuera de la cámara.

A continuación, explicaremos la situación de la bodega, la sala de congeladores de placas y la sala del túnel de congelación, así como los espacios que las rodean:

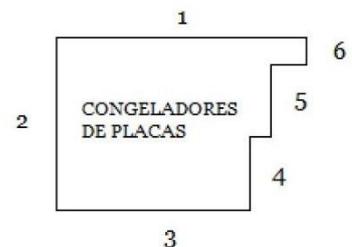
#### ***Bodega de carga***

El mamparo nº1 colinda con el forro exterior del costado de babor, el nº 2 con un local, el mamparo nº 3 con el forro del costado de estribor y el nº 4 con la cámara de máquinas.



#### ***Sala de congeladores de placas horizontales y vertical***

El mamparo nº1 colinda con túnel de congelación, el mamparo nº 2 con la sala de factoría, el nº 3 con el forro de estribor, el nº 4 con la sala de embalaje, el nº 5 y nº 6 con una sala de acceso a una escotilla.



### ***Sala del túnel de congelación***

El mamparo nº1 colinda con las proximidades al forro exterior del costado de babor, el nº 2 con la sala de factoría, el mamparo nº 3 con la sala del congelador de placas y el nº 4 con una sala de acceso a una escotilla.



## **2.1.2. AISLAMIENTOS**

### **2.1.2.1. INTRODUCCIÓN**

#### ***Bodega de carga***

Aislaremos el techo el suelo y los mamparos del interior de la planta frigorífica con poliuretano y con lana de roca para obtener el espesor adecuado y así mantener la temperatura especificada. La densidad de la espuma es de 40 kg/m<sup>3</sup> y la de la lana de roca de 70 kg/m<sup>3</sup>.

Las puertas serán de acero inoxidable y serán aisladas por dentro con poliuretano inyectado. El montaje se realizará por medio de gomas elásticas para juntas, en el ajuste de estas.

Se utilizarán bisagras de cromo plateado y dispositivos de cierre y estanqueidad. La apertura de las puertas debe poder efectuarse de ambos lados.

#### ***Sala de congeladores de placas horizontales y vertical***

Aislaremos los mamparos de esta sala con paneles tipo Sándwich de poliuretano de 100 mm de espesor.

#### ***Sala del túnel de congelación***

En la sala donde se ubica el túnel de congelación se instalarán paneles tipo Sándwich de poliuretano de 100 mm de espesor.

### 2.1.2.2. COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR

La definición del coeficiente global de transmisión de calor es la cantidad de calor que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo, cuando se establece entre las caras paralelas del cerramiento una diferencia de temperatura de un grado.

Analizaremos este parámetro para cada uno de los mamparos aislantes que componen nuestra bodega, así como su respectivo techo y suelo. Una vez calculado nos será de gran utilidad para la determinación del balance térmico de la instalación.

Utilizaremos la siguiente expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{E}{\lambda} + \frac{1}{h_e}$$

Despejamos el coeficiente K, con lo que obtendríamos:

$$K = \left( \frac{1}{h_i} + \frac{E}{\lambda} + \frac{1}{h_e} \right)^{-1}$$

El valor del espesor (E) se corresponde con el espesor del aislante seleccionado anteriormente.

Los valores de las resistencias térmicas superficiales expresadas en  $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/kcal$  serán extraídos de la siguiente tabla:

Tabla 5. Valores de las siguientes resistencias térmicas

Fuente: <http://www.ehu.es>

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Resistencias térmicas superficiales en  $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/kcal$  ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

Tabla 6. Valores de conductividad térmica del Poliuretano.

Fuente: <http://www.ehu.es>

Material	Densidad aparente $kg/m^3$	Conductividad térmica $l$ $kcal/hm \cdot ^\circ C$ ( $W/m \cdot ^\circ C$ )	
— Poliuretano expandido UNE 53.310:			
• Tipo I	10	0,049	(0,057)
• Tipo II	12	0,038	(0,044)
• Tipo III	15	0,032	(0,037)
• Tipo IV	20	0,029	(0,034)
• Tipo V	25	0,028	(0,033)
— Poliuretano extrusionado	33	0,028	(0,033)
— Polietileno reticulado	30	0,033	(0,038)
— Polisocianurato, espuma de	35	0,022	(0,026)
— Poliuretano conformado, espuma de			
• Tipo I	32	0,020	(0,023)
• Tipo II	35	0,020	(0,023)
• Tipo III	40	0,020	(0,023)
• Tipo IV	80	0,034	(0,040)
— Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de			
• Tipo I	35	0,020	(0,023)
• Tipo II	40	0,020	(0,023)
— Urea formol, espuma de	10-12	0,029	(0,034)
— Urea formol, espuma de	12-14	0,030	(0,035)
— Vermiculita expandida	120	0,030	(0,035)
— Vidrio celular	160	0,038	(0,044)

**Valores de K para la bodega de carga:**

EL valor de K para todos los mamparos va a ser el mismo debido a que se proyectará el mismo tipo de aislante y espesor.

Mamparo nº1,2,3 y 4.

$$K = \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{E}{\lambda} \right)^{-1} = \left( 0,26 + \frac{0,250}{0,023} \right)^{-1} = 0,08985 \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C}$$

Techo de la bodega de carga

$$K = \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{E}{\lambda} \right)^{-1} = \left( 0,26 + \frac{0,500}{0,038} \right)^{-1} = 0,0745 \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C}$$

Suelo de la bodega de carga

$$K = \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{E}{\lambda} \right)^{-1} = \left( 0,26 + \frac{0,150}{0,023} \right)^{-1} = 0,14745 \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C}$$

**Valores de K para la sala de congeladores de placas horizontales y verticales y para la sala del túnel de congelación.**

$$K = \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{E}{\lambda} \right)^{-1} = \left( 0,26 + \frac{0,100}{0,025} \right)^{-1} = 0,235 \frac{kcal}{h * m^2 * ^\circ C}$$

### 2.1.3. BALANCE TÉRMICO

#### 2.1.3.1. INTRODUCCIÓN

El punto de partida para el diseño de cámaras frigoríficas es evaluar sus necesidades o “cargas” de refrigeración, para establecer cuál será el equipo más adecuado. El cálculo de las necesidades frigoríficas de la instalación viene determinado por la suma de las necesidades frigoríficas para el enfriamiento de la mercancía ( $Q_p$ ) más las aportaciones caloríficas exteriores ( $Q_e$ ). Esta carga puede ser variable a lo largo del tiempo, por ello se suele hacer una estimación de las necesidades máximas.

A su vez tendremos en cuenta una serie de factores determinantes para el cálculo de las necesidades de la instalación:

- Pérdidas (por transmisión) a través de las paredes
- Pérdidas por la carga de producto que entra en la cámara
- Entrada de aire exterior a la cámara

- Calor desprendido por los ventiladores del evaporador
- Calor liberado por iluminación
- Calor liberado por la entrada de personal

#### 2.1.3.2. PÉRDIDAS, POR TRANSMISIÓN, A TRAVÉS DE LAS PAREDES ( $Q_1$ )

Para conocer estas pérdidas es necesario conocer tres factores determinantes:

- Superficie total exterior del recinto
- Aislamiento empleado
- Diferencia de temperatura entre la temperatura que hay en el exterior y la temperatura que se quiere obtener en el interior.

El tiempo se toma como base un día, es decir, 24 horas. Así pues:

$$Q = K * S * \Delta T * 24 \text{ (kcal/día)}$$

$Q$  = Calor total que atraviesa la pared por unidad de tiempo, en W (kcal/h).

$K$  = Coeficiente global de transmisión de calor, función de los materiales utilizados en la pared en  $W/m^2 K$  (kcal/ h  $m^2$  °C).

$S$  = Superficie de la pared en  $m^2$ .

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior en °C.

Para el cálculo de las necesidades frigoríficas, consideramos la temperatura en las condiciones más desfavorables según diseño, es decir, en nuestro caso 25 °C.

#### **Bodega de congelación**

Mamparo longitudinal babor:

$$Q = 0,08985 * (24 * 5) * (25 - (-26)) * 24 = 13197,168 \text{ kcal/día}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 79/121

Mamparo longitudinal estribor:

$$Q = 0,08985 * (24 * 5) * (25 - (-26)) * 24 = 13197,168 \text{ kcal/día}$$

Mamparo transversal popa:

$$Q = 0,08985 * (15 * 5) * (25 - (-26)) * 24 = 8248,23 \text{ kcal/día}$$

Mamparo transversal proa:

$$Q = 0,08985 * (15 * 5) * (25 - (-26)) * 24 = 8248,23 \text{ kcal/día}$$

Techo de la bodega:

$$Q = 0,0745 * (24 * 15) * (25 - (-26)) * 24 = 32827,68 \text{ kcal/día}$$

Suelo de la bodega:

$$Q = 0,14745 * (24 * 15) * (25 - (-26)) * 24 = 64972,4 \text{ kcal/día}$$

$$Q = 64972,4 + 32827,68 + (8248,23 * 2) + (2 * 13197,17) \\ = 140690,88 \text{ kcal/día}$$

### **Sala de congeladores de placas**

Consideramos la sala donde se encuentra la maquinaria de la factoría a 12 °C, la temperatura exterior de 20 °C, la temperatura de la sala de embalaje se reducirá instalándose un sistema de refrigeración de glicol que mantendrá la temperatura de la sala a 5 °C para evitar pérdidas térmicas y que el producto se mantenga aproximadamente a la misma temperatura.

Mamparo nº1:

$$Q = 0,235 * (16,25 * 5) * (4 - (4)) * 24 = 0 \text{ kcal/día}$$

Mamparo nº2:

$$Q = 0,235 * (10,57 * 5) * (12 - (4)) * 24 = 2384,592 \text{ kcal/día}$$

Mamparo nº3:

$$Q = 0,235 * (12 * 5) * (20 - (4)) * 24 = 5414,4 \text{ kcal/día}$$

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 80/121

Mamparo n°4:

$$Q = 0,235 * (7,02 * 5) * (5 - (4)) * 24 = 197,964 \text{ kcal/día}$$

Mamparo 4-5:

$$Q = 0,235 * (1,8 * 5) * (5 - (4)) * 24 = 50,76 \text{ kcal/día}$$

Mamparo n°5:

$$Q = 0,235 * (3,43 * 5) * (15 - (4)) * 24 = 1063,986 \text{ kcal/día}$$

Mamparo 5-6:

$$Q = 0,235 * (2,4 * 5) * (15 - (4)) * 24 = 744,48 \text{ kcal/día}$$

Mamparo n°6:

$$Q = 0,235 * (1,15 * 5) * (15 - (4)) * 24 = 356,73 \text{ kcal/día}$$

$$Q = 10212,912 \text{ kcal/día}$$

### **Sala del túnel de congelación**

La habitación debe mantenerse a 3-4 ° C por enfriamiento, ya que el proceso de deshumidificación en sí mismo calienta el aire. (La contribución aproximada es de 2,7 kW).

Mamparo n°1:

$$Q = 0,235 * (12 * 5) * (20 - (4)) * 24 = 5414,4 \text{ kcal/día}$$

Mamparo n°2:

$$Q = 0,235 * (3,14 * 5) * (12 - (4)) * 24 = 708,384 \text{ kcal/día}$$

Mamparo n°3:

$$Q = 0,235 * (12 * 5) * (4 - (4)) * 24 = 0 \text{ kcal/día}$$

Mamparo n°4:

$$Q = 0,235 * (3,14 * 5) * (15 - (4)) * 24 = 974,028 \text{ kcal/día}$$

$$Q = 7096,812 \text{ kcal/día}$$

### 2.1.3.3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR CONGELACIÓN ( $Q_2$ )

Las necesidades frigoríficas por enfriamiento de la mercancía son, sin lugar a dudas, las mayores de todas las que intervienen en el cálculo de la potencia frigorífica de la instalación. El cálculo de estas pérdidas consiste en calcular la carga térmica del enfriamiento del producto ( $Q_{21}$ ), la carga térmica debida a la congelación del producto ( $Q_{22}$ ) producido en los congeladores, y la carga térmica producida por el enfriamiento del producto tras la congelación hasta la temperatura de régimen ( $Q_{23}$ ) producido en la bodega. Así pues,  $Q_2$  se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_2 = Q_{21} + Q_{22} + Q_{23}$$

Ahora estudiaremos detenidamente las cargas térmicas que forman la anterior expresión:

$$Q_{21} = M * C_1 * (t_i - t_f)$$

- M es la masa del género en kg/día
- $C_1$  es el calor latente del producto sin congelar en kcal/kg °C
- $t_i$  es la temperatura inicial, °C
- $t_f$  es la temperatura final o de régimen, °C

Dependiendo de la cantidad de producto a congelar que se tenga durante la navegación se pondrá en funcionamiento el túnel de congelación o los congeladores de placas horizontales y verticales, en este caso solo si hay muy poco producto para congelar.

Teniendo esta consideración este tipo de cargas las calcularemos para el túnel de congelación en su capacidad máxima.

#### ***Túnel de congelación***

- El producto llega al túnel a una temperatura de 5°C saliendo de este a -24°C. La cantidad de producto que es capaz de congelar por día es de 15 toneladas. El calor latente del producto sin congelar,  $C_1$ , es de: 0.89 kcal/kg °C

$$Q_{21} = M * C_1 * (t_i - t_f) = 15000 * 0,89 * (5 - (-24)) = 387150 \text{ kcal/día}$$

A continuación, la carga térmica debida a la congelación del producto (Q22) producido en los congeladores.

-  $C_2$  es el calor latente de congelación del producto: 69 kcal/kg

$$Q_{22} = M * C_2 = 15000 * 69 = 1035000 \text{ kcal/día}$$

Finalmente, la carga térmica producida por el enfriamiento del producto tras la congelación hasta la temperatura de régimen (Q23) producido en la bodega.

$$Q_{TÚNEL} = 1035000 + 387150 = 1422150 \text{ kcal/día}$$

### **Bodega de carga**

La temperatura con la que llegará el producto será de -24 °C tras haberse congelado en el túnel de refrigeración, dentro de la bodega alcanzará una temperatura de -26°C para que conserve todas sus propiedades y nutrientes.

-M (producto sin congelar) = 15 toneladas al día.

-  $C_3$  es el calor específico del producto congelado: 0,44 kcal/kg °C

-  $t_c$  es la temperatura de congelación del producto: -24 °C

-  $t_f$  es la temperatura final o de régimen: -26 °C

$$\begin{aligned} Q_{23,bodega} &= M * C_3 * (t_c - t_f) = 15000 * 0,44 * (-24 - (-26)) \\ &= 13200 \text{ kcal/día} \end{aligned}$$

#### 2.1.3.4. AIRE EXTERIOR (RENOVACIONES DE AIRE) (Q3).

La aireación de la cámara es necesaria, esta ventilación se produce por la frecuencia de aperturas de las puertas para la entrada y salida de género de la misma, pero a veces esto no es suficiente, así que se debería dotar a las cámaras de sistemas de ventilación forzada complementarios.

El número de renovaciones puede establecerse por hora o por día, para ello podemos utilizar la siguiente fórmula.

$$Q = V * \Delta h * n = (24 * 5 * 15) * 9,20 * 1,3 = 21528 \text{ kcal/día}$$

Siendo:

Q, Potencia calorífica aportada por el aire.

V, Volumen de la cámara en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

$\Delta h$ , Calor del aire en (kcal/m<sup>3</sup>) obtenido por diagrama psicométrico o por tablas.

n, Número de renovaciones de aire por día.

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

T ext. →	+5°C		+10°C		+15°C		+20°C		+25°C		+30°C		+35°C		+40°C	
T inte ↓	70%	80%	70%	80%	70%	80%	50%	60%	50%	60%	50%	60%	50%	60%	50%	60%
15°C							0,24	0,60	1,44	2,00	2,97	3,67	4,85	5,71	7,00	8,30
10°C					1,33	1,19	1,43	1,80	2,66	3,23	4,20	4,92	6,03	6,99	8,30	9,63
5°C			0,83	1,03	1,96	2,25	2,49	2,88	3,76	4,34	5,34	6,07	7,22	8,20	9,55	10,9
0°C	0,78	0,94	1,79	2,00	2,96	3,26	3,51	3,90	4,81	5,41	6,44	7,20	8,38	9,37	10,7	12,1
-5°C	1,65	1,80	2,67	2,88	3,84	4,15	4,40	4,80	5,71	6,32	7,35	8,12	9,29	10,3	11,7	13,1
-10°C	2,47	2,62	3,51	3,73	4,71	5,02	5,28	5,68	6,62	7,24	8,31	9,12	10,3	11,3	12,7	14,1
-15°C	3,25	3,41	4,32	4,54	5,55	5,87	6,13	6,54	7,50	8,14	9,20	9,98	11,2	12,3	13,7	15,2
-20°C	3,96	4,13	5,06	5,29	6,31	6,63	6,91	7,34	8,31	8,94	10,0	10,9	12,1	13,2	14,7	16,2
-25°C	4,74	4,91	5,85	6,09	7,13	7,46	7,75	8,18	9,20	9,80	10,9	11,7	13,0	14,1	15,7	17,2
-30°C	5,52	5,69	6,67	6,89	7,96	8,30	8,58	9,03	10,0	10,7	11,8	12,7	14,0	15,2	16,7	18,4
-35°C	6,30	6,48	7,46	7,71	8,77	9,12	9,46	9,89	10,9	11,6	12,8	13,6	14,9	16,1	17,8	19,3
-40°C	7,16	7,34	8,35	8,60	9,72	10,0	10,4	10,8	11,8	12,6	13,8	14,7	16,0	17,2	18,9	23,1

### 2.1.3.5. CALOR DESPRENDIDO POR VENTILADORES (Q<sub>4</sub>)

Debido a que tanto la potencia de los motores como el número de horas de funcionamiento de los mismos no son conocidos en principio, tampoco se podrá conocer el valor exacto de Q<sub>5</sub>. Por tanto, Q<sub>5</sub> sólo podrá conocerse con exactitud una vez realizado el balance térmico y elegidos los equipos adecuados, por lo que en la práctica se opta por realizar una estimación de Q<sub>5</sub> en función del volumen de la cámara. Puede suponerse en este caso, de

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 84/121

forma práctica y bastante aproximada que el equivalente térmico del trabajo de los ventiladores representa del 5 al 8% de las necesidades del frío ya calculadas, Q1 y Q2.

La expresión que utilizaremos para el cálculo del calor desprendido por los ventiladores de los evaporadores es:

$$Q = 0,08 * (Q1 * Q2) = 0,08 * (140690 * 13200) = 12311,27 \text{ kcal/día}$$

#### 2.1.3.6. CALOR LIBERADO POR ILUMINACIÓN (Q<sub>5</sub>).

Dentro de las cámaras existe iluminación, ya sean mediante lámparas incandescentes, fluorescentes, etc. El calor que liberan puede expresarse por:

$$Q = P * t$$

Siendo:

P = Potencia total de todas las lámparas en vatios.

t = Duración o tiempo de funcionamiento de las mismas.

Q ilum= Potencia calorífica aportada por la iluminación en W.

Si las lámparas son fluorescentes hay que multiplicar la potencia de las lámparas por 1,25 por ser el factor considerado debido a las reactancias.

Como no se conoce la potencia de las lámparas se realizaremos una estimación considerando entre 5 y 15 W por metro cuadrado de superficie de la bodega.

$$Q = 10 * (24 * 15) = 3600 \text{ W}$$

$$Q = 3600 * 0,8598 = 3095,28 \text{ kcal/día}$$

#### 2.1.3.7. CALOR LIBERADO POR LAS PERSONAS (Q<sub>6</sub>).

También las personas que entran en una cámara liberan calor a razón de:

$$Q = q * t * n$$

Siendo:

$Q$  pers = Potencia calorífica aportada por las personas.

$q$  = Calor por persona en W según tabla que se adjunta.

$n$  = Número de personas en la cámara.

$t$  = Tiempo de permanencia en horas/día

El tiempo de permanencia variará según el trabajo que deban efectuar las personas en el interior de la cámara. Generalmente se evalúa entre 0,5 y 5 horas día.

Como 1 W equivale a 0,8598 kcal/h, el valor de 420 W obtenido de la tabla tendrá un valor de: 361,12 kcal/h

$$Q = 361,12 * 0,5 * 2 = 361,12 \text{ kcal/día}$$

Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por persona en W
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

#### 2.1.3.8. CÁLCULO DE LA POTENCIA FRIGORÍFICA TOTAL DE LA PLANTA

La potencia frigorífica total ha de ser equivalente a la suma de las necesidades de frío máximas, obtenidas como suma de los seis conceptos estudiados anteriormente.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

Estas necesidades totales,  $Q_T$ , están referidas a un período de 24 horas, por lo que será necesario fijar el número de horas de funcionamiento del compresor ( $N$ ), con objeto de calcular la producción efectiva (capacidad) horaria de los compresores.

$$\text{Capacidad} = Q_1 / N$$

El número de horas de funcionamiento adoptado suele variar entre 14-16 horas/día en el caso de instalaciones comerciales, y entre 18-20 horas/día en el caso de refrigeración y congelación. Para nuestro estudio hemos adecuado el funcionamiento de los compresores en 19 horas al día. Las unidades serán en W, sabiendo que:  $1W = 0.8598 \text{ kcal}$ .

### **Bodega de congelación**

$$Q_T = 140690,88 + 13200 + 21528 + 12311,27 + 3095,28 + 361,12$$

$$= 191186,55 \text{ Kcal/día}$$

$$Q_T = \frac{191186,55}{19} = 10062,45 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$Q_T = \frac{10062,45}{0,8598} = 11703,245 \text{ W}$$

### ***Salas de congelación: Sala de congeladores de placas y túnel de congelación***

$$Q_T = 10212,912 + 7096,812 + 387150 + 1035000 = 1439459,124 \text{ kcal/día}$$

$$Q_T = \frac{1439459,124}{19} = 75761 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$Q_T = \frac{75761}{0,8598} = 88114,68 \text{ W} \rightarrow 88,115\text{kW} + 2,8\text{kW} (\text{Deshumificador})$$

$$= 90,92\text{kW}$$

Para obtener la potencia total frigorífica sumaremos la necesidad térmica total de las salas de congelación ( $Q_T$ ), más un factor de seguridad ( $F_S$ ) que será del 10%.

$$\text{Potencia frigorífica total} = Q_T + F_S = 90,92\text{kW} + F_S = \mathbf{100,01 \text{ kW}}$$

Para obtener la potencia total frigorífica sumaremos la necesidad térmica total de la bodega de congelación ( $Q_T$ ), más un factor de seguridad ( $F_S$ ) que será del 10%.

$$\text{Potencia frigorífica total} = Q_T + F_S = 11703,245 + F_S = \mathbf{12873,57 \text{ W}}$$

$$\rightarrow \mathbf{12,87 \text{ kW}}$$

## 2.1.4. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS FRIGORÍFICOS PRINCIPALES

### 2.1.4.1. SELECCIÓN DE LOS COMPRESORES

Para la elección de los compresores, recordemos que uno de los requisitos del armador, era que sean compresores de tornillo SABROE, por lo tanto;

#### **CIRCUITO DE CONGELACIÓN:**

Este circuito está formado por:

- 1 Sala de congelación por placas horizontales y vertical.
- 1 Sala con túnel de congelación.
- Capacidad frigorífica necesaria para el circuito: 100,01 kW
- Refrigerante: R 717
- Temperatura de evaporación: - 40°C
- Temperatura de condensación: + 32 °C

#### **CIRCUITO DE LA BODEGA:**

Este circuito está formado por:

- 1 bodega principal
- Capacidad frigorífica necesaria para el circuito: 12 kW
- Refrigerante: R 717
- Temperatura de evaporación: - 40°C
- Temperatura de condensación: + 32 °C

Para estos circuitos los compresores seleccionados, son dos compresores modelo 151L con una capacidad nominal de 133 kW por equipo, suministrados por JohnsonControls.

En la siguiente tabla podemos ver la gama de modelos de compresores del catálogo del fabricante con sus respectivas capacidades nominales, en la que se pueden observar las de nuestra unidad SAB 151L con economizador.

Tabla 7. Características del compresor SAB 151L

Fuente: Fuente: JohnsonControls, catálogo

Model	Swept volume at 3000 rpm* m³/h	Swept volume at 3600 rpm* m³/h	Nominal capacities in kW at 3000 rpm						Unit dimensions in mm L x W x H	Weight excluding motor/oil kg	Sound pressure level at 3000 rpm dB(A)
			R717		R407C		With economiser				
			High-stage -10/+35°C	Booster -40/-10°C	High-stage		R717 -40/+35°C	R407C			
SAB 120 S*	204	245	121	36	89	124	36	32	2200 x 1300 x 1500	1200	85
SAB 120 M	255	306	156	48	116	162	47	41	2200 x 1300 x 1500	1200	86
SAB 120 L	316	379	200	61	148	206	61	53	2200 x 1300 x 1500	1300	88
SAB 120 E	413	496	270	83	198	277	82	71	2200 x 1300 x 1500	1300	89
SAB 151 S	484	581	305	97	238	333	87	84	3000 x 1450 x 1800	2050	90
SAB 151 M	571	685	369	117	280	391	105	102	3000 x 1450 x 1800	2050	91
SAB 151 L	708	850	469	149	355	496	133	129	3000 x 1450 x 1800	2050	91
SAB 151 E	847	1016	568	180	426	596	161	155	3000 x 1450 x 1800	2050	92

#### 2.1.4.2. SELECCIÓN DE LOS CONDENSADORES Y BOMBAS DE SUMINISTRO

Para la elección de los compresores, recordemos que uno de los requisitos del cliente, era que sean compresores de tornillo MYCOM, por lo tanto; La expresión que nos da el valor de la capacidad de condensación necesaria para cada compresor, viene dada por la expresión:

$$Q_{COND} = Q_{capacidad\ frigorifica} + Pot_{absorbida\ comp.}$$

Tomaremos los datos de cada unidad compresora a la temperatura  $T_0$ , (temperatura de evaporación) de  $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$  y condensación a  $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- Carga térmica absorbida por los compresores ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) = 133,0 kW

- Potencia absorbida ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) = 105 kW

Por lo tanto:

$$Q_{COND} = 133 + 105 = 138\text{ kW / condensador.}$$

Los condensadores seleccionados, son de la marca JohnsonControls, empresa de prestigio internacional en este tipo de intercambiadores. Los modelos seleccionados serían 2 condensadores tipo COTB 274002 con un caudal de  $105\text{ m}^3/\text{h}$ .

Elegimos entonces 2 bombas, una para cada condensador, de la marca DESMI, el modelo NSL 125-215, capaz de dar cada una de ellas un caudal de agua de mar de  $105\text{ m}^3/\text{h}$  a una velocidad de giro de 1740 rpm, para satisfacer las necesidades requeridas de cada condensador, con un motor de 12 kW.

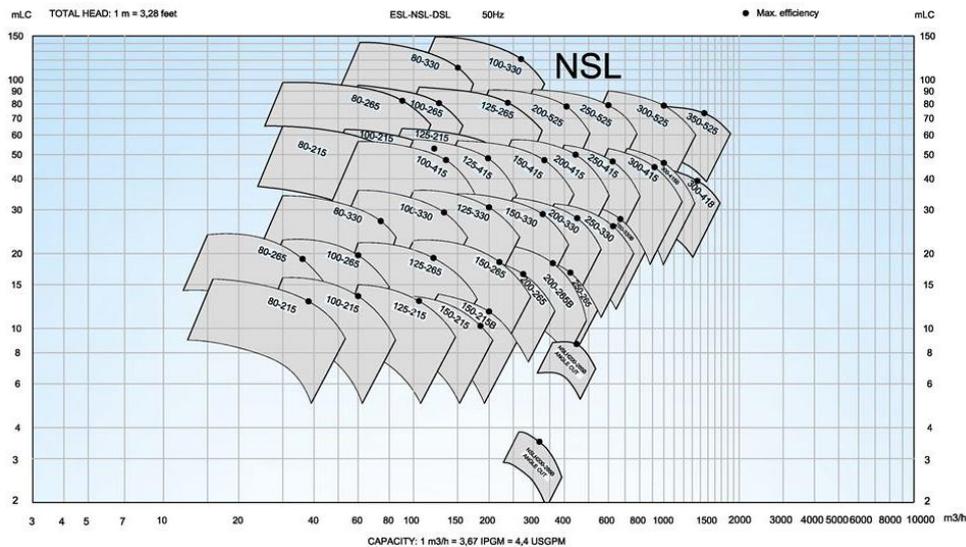
Tabla 8. Datos de las bombas de agua para el condensador, modelo NSL 125-215

Fuente: <http://www.desmi.com>

Pump	Max. working pressure [bar] Bronze / Cast iron	Max. working pressure [bar] SG-iron	Max. RPM Light / heavy bearing housing	Pump	Max. working pressure [bar] Bronze / Cast iron	Max. working pressure [bar] SG-iron	Max. RPM
NSL80-215	16	32	1800 / 3600				
NSL80-265	14,5	29	1800 / 3600	NSL150-265	7	14	1800
NSL80-330	8 / 13	27	3600 *) / -----	NSL150-330	7 / 13	27	1800
NSL100-215	13	26	1800 / 3600	NSL150-415	9 / 13	26	1800
NSL100-265	14,5	29	1800 / 3600	NSL200-265	9	18	1800
NSL100-330	8 / 14	29	1800 / -----	NSL200-330	7 / 13	26	1800
NSL100-415	10 / 12,5	25	1800 / -----	NSL200-415	9 / 13	26	1800
NSL125-215	10	20	1800 / 3600	NSL250-265	10 / 10	20	1800
NSL125-265	14,5	29	1800 / 3600	NSL250-330	7 / 12	25	1800
NSL125-330	7 / 12	25	1800 / -----	NSL250-415	9 / 12	25	1800
NSL125-415	9 / 13	26	1800 / -----	NSL300-415	9 / 12	25	1800
NSL150-215	8	16	1800	NSL300-525	14	25	1800

Tabla 9. Curvas de las bombas de agua de mar

Fuente: [www.desmi.com](http://www.desmi.com)



### 2.1.4.3. SELECCIÓN DE EVAPORADORES PARA LA SALA FRIGORÍFICA

En la bodega se ha optado por utilizar evaporadores estáticos dispuestos por todo el techo del recinto.

Se han empleado evaporadores de tubo con aletas de acero galvanizados en caliente, cuyas espirales son de aproximadamente 18 mm, diseñados para deshielo semi-automático de gas caliente. Espiral: aprox. 18 mm. El diseño y el número de bobinas en la bodega de carga serán similares a los de la

siguiente figura, pero pueden variar dependiendo del tamaño de cada unidad especificada por el fabricante.

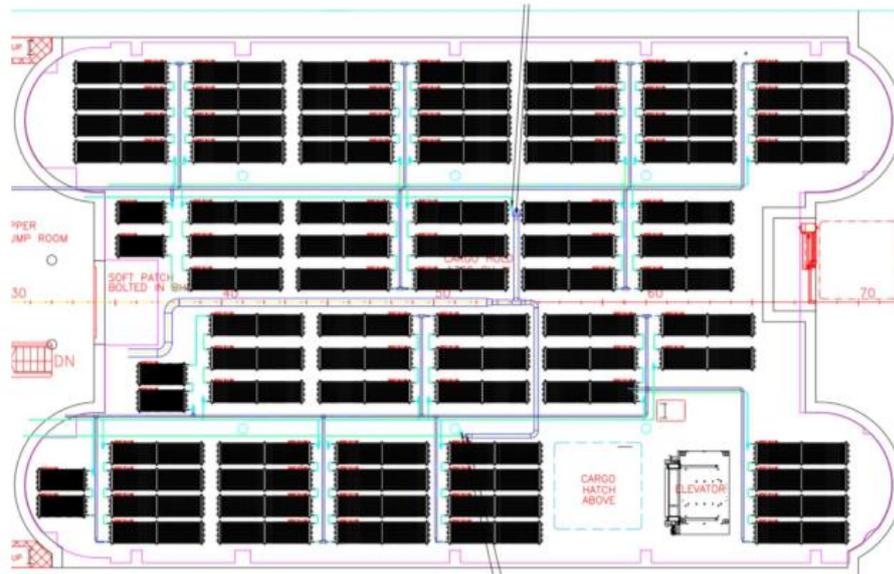


Ilustración 7. Disposición de los serpentines en la bodega de carga.

Fuente. Especificación del armador

Los evaporadores son elementos que trabajan a bajas temperaturas, y en el caso de nuestra instalación, a temperaturas cercanas a los  $-26\text{ C}$ .

Según el fabricante de estos serpentines, cada metro lineal de serpentín equivale a  $0.84\text{ m}^2$  en superficie de transferencia de calor con un coeficiente de transferencia de calor de  $10\text{ kcal. /h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C}$ , que es el que desarrollan este tipo de evaporadores.

Cuando se emplean evaporadores estáticos en bodegas de conservación, al no tener un ventilador que nos mueva todo el aire de la cámara, ya que éste se mueve por convección natural, hay que tener en cuenta el volumen total de la cámara. Así pues, es interesante ocupar todo el techo de la bodega, para que la circulación natural de aire afecte a toda la bodega.

Se aconseja siempre que sea posible, que se disponga una superficie de transferencia de calor del evaporador equivalente en número al volumen de la

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 91/121

bodega, es decir, que un  $m^2$  de superficie de serpentín aleteado por cada  $m^3$  de volumen de bodega.

Con estos datos y sabiendo los volúmenes de la bodega y los entrepuentes, tenemos que:

Bodega de carga: Volumen =  $1800 m^3$ , superficie de serpentines a instalar  $1800 m^2$ .

Entonces, sabiendo que 1 metro lineal equivale a  $0,84 m^2$ , finalmente se instalarán:

Bodega de carga: 2142,86 m lineales.

Por motivos de pérdidas de carga y para dar mayor versatilidad al evaporador, se ha dividido en 45 evaporadores en la parte de babor de la bodega y en 38 evaporadores en la parte de estribor, cada uno de ellos con su correspondiente sistema de inyección de líquido.

#### 2.1.4.4. SELECCIÓN DE LAS VÁLVULAS DE EXPANSIÓN Y VÁLVULAS SOLENOIDES

Para la selección de las válvulas de expansión y de las válvulas solenoides, nos apoyaremos en el programa COOLSELECTOR del fabricante Danfoss.

##### Cálculo de las válvulas de expansión

Las válvulas de expansión Danfoss seleccionadas, serán válvulas de expansión termostática con orificio intercambiable. Las válvulas de expansión termostáticas regulan la inyección de refrigerante líquido en los evaporadores. La inyección se controla en función del recalentamiento del refrigerante.

A continuación, se adjuntan las selecciones de estas válvulas sacadas del programa de selección COOLSELECTOR.

Válvulas de expansión termostática para la instalación:

## Coolselector2



## Información del proyecto

Nombre del proyecto:	
Comentarios:	
Creado por:	
Coolselector2 versión:	2.1.0. Base de datos: 19.20.1.8.4
Imprimido:	Miércoles, 30 de Agosto de 2017
Preferencias utilizadas:	Aplicaciones industriales

## TXV: TXV 1

## Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R717	Capacidad de refrigeración:	112,0 kW
Caudal másico en la línea:	378,0 kg/h	Capacidad de calefacción:	150,5 kW
Temperatura de evaporación:	-40,0 °C	Temperatura de condensación:	32,0 °C
Presión de evaporación:	0,719 bar	Presión de condensación:	12,39 bar
Recalentamiento antes del compresor:	0 K	Subenfriamiento:	2,0 K
Tasa de circulación:	3,00 -	Subenfriamiento adicional:	0 K
DP de la bomba:	2,000 bar	Temperatura de descarga:	140,0 °C
<b>Sistema y línea:</b>	<i>Evaporador inundado con circulación por bomba. Línea de líquido</i>		
<b>Criterios de selección:</b>	<i>Carga: 100 %. Caída de presión en el distribuidor: 0 bar</i>		

## Selección: TEA 85 - 85



Tipo	TEA 85 - 33	TEA 85 - 55	TEA 85 - 85
NS	20	20	20
Rango	D	D	D
Capacidad nominal [kW]	64,72	109,6	168,6
Capacidad mín. [kW]	16,18	27,41	42,14
Carga [%]	173	102	66
DP [bar]	11,67	11,67	11,67
Velocidad, ent. [m/s]	0,45	0,45	0,45

Las válvulas de expansión termostáticas TEA 85-85 seleccionadas se utilizan para la inyección de líquido en los evaporadores en sistemas de refrigeración.

### Cálculo de las válvulas solenoides

Se utilizarán válvulas solenoide Danfoss para refrigerantes orgánicos.

Las válvulas Danfoss seleccionadas, serán del tipo EVRA 10, normalmente abierta (NO). La EVRA 10 (NO) es una válvula solenoide de acción directa o servoaccionada, para tuberías de líquido, de aspiración y de gas caliente con refrigerantes orgánicos.

A continuación, se adjuntan las selecciones de estas válvulas sacadas del programa de selección COOLSELECTOR.

Válvulas solenoide para la instalación:

### Coolselector2



Información del proyecto	
Nombre del proyecto:	
Comentarios:	
Creado por:	
Coolselector2 versión:	2.1.0. Base de datos: 19.20.1.8.4
Imprimido:	Miércoles, 30 de Agosto de 2017
Preferencias utilizadas:	Aplicaciones industriales

#### Válvula solenoide: Válvula solenoide 1

Condiciones de funcionamiento			
Refrigerante:	R717	Capacidad de refrigeración:	112,0 kW
Caudal másico en la línea:	378,0 kg/h	Capacidad de calefacción:	150,5 kW
Temperatura de evaporación:	-40,0 °C	Temperatura de condensación:	32,0 °C
Presión de evaporación:	0,719 bar	Presión de condensación:	12,39 bar
Recalentamiento antes del compresor:	0 K	Subenfriamiento:	2,0 K
Tasa de circulación:	3,00 -	Subenfriamiento adicional:	0 K
DP de la bomba:	2,000 bar	Temperatura de descarga:	140,0 °C
Sistema y línea:	<i>Evaporador inundado con circulación por bomba. Línea de líquido</i>		
Criterios de selección:	<i>Velocidad: 1,00 m/s</i>		

#### Selección: EVRA 10



Tipo	EVRA 3	EVRA 10	EVRA 15	EVRA 20
NS	10	10	15	20
$\Delta P$ [mbar]	0,23	1,5	2,7	4,5
DP100 [bar]	0	0,050	0,050	0,050
DPmín [bar]	0	0,050	0,050	0,050
$\Delta P_{calc}$ [mbar]	0,23	1,5	2,7	4,5
DP [bar]	4,545	0,107	0,033	0,012
DTsat [°C]	14,8	0,3	0,1	0,0
Grado de apertura [%]	-	-	-	-
Carga [%]	-	-	-	-
Carga parcial posible [%]	-	-	-	-
Velocidad, ent. [m/s]	1,42	1,42	0,81	0,45
Estado de la línea	Abierta	Abierta	Cerrada	Cerrada

#### 2.1.4.5. SELECCIÓN DEL SEPARADOR DE ACEITE

Es necesaria la instalación de un separador de aceite por tres razones:

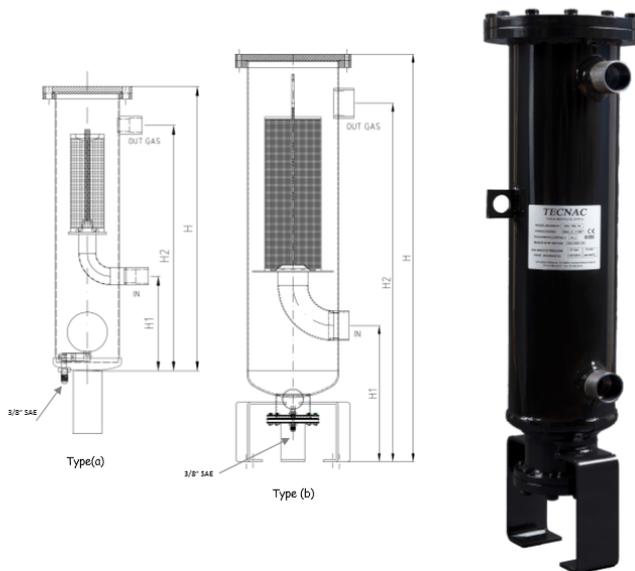
- Para mantener un nivel de aceite conveniente dentro del cárter del compresor con el fin de asegurar la lubricación de los órganos en movimiento;

- Para suprimir la acumulación imprevista de aceite en determinados lugares de la instalación;
- Para mantener lo más baja posible la concentración de aceite con el fluido frigorígeno.

El fabricante que hemos elegido para nuestro caso en particular, es el CAT.I-SAC-3-NH3 del fabricante TECNAC. Para la selección del separador de aceite debemos conocer la potencia total de la instalación y la temperatura de evaporación de la cámara más fría. La potencia frigorífica total es de 112 kW y la temperatura de evaporación es de -40°C.

A continuación, se puede ver el catálogo de los modelos de separadores de aceite de TECNAC para una instalación con amoníaco.

NH<sub>3</sub> COALESCENT OIL SEPARATORS  
SEPARADORES DE ACEITE COALESCENTES PARA NH<sub>3</sub>



To difference of other oil separators, the efficiency of the Tecnac Coalescent Oil Separators, it does not depend on the speed. Therefore, oil separator TECNAC working (separating oil) to 99 % of efficiency when the load drop

All oil separator include replacement coalescent filter.

A diferencia de otros separadores de aceite, la eficacia de los separadores coalescentes Tecnac, no depende de la velocidad. Por consiguiente, el separador de aceite TECNAC continua funcionando (separando aceite) al 99% de eficacia cuando la carga disminuye. Todos los separadores se entregan con el filtro coalescente incorporado.

Filtro recambiable en todos los modelos

CAT. I	SAC-1 -NH <sub>3</sub> , 7/8"	89,008	Type	Va (L)	Vt (L)	Dimensions (mm)				KW (T <sup>cond</sup> . -3,88°C; supercalen. 5,6°C; Subenfr. 0°C)	
						D	H	H1	H2	+40°C	-40°C
CAT. I	SAC-2 -NH <sub>3</sub> , 1 1/8"	89,009	a	1.5	3	102	450	150	388	48	7.4
CAT. I	SAC-3 -NH <sub>3</sub> , 1 3/8"	89,010	a	1.6	4	102	550	150	485	87	12.5
CAT. II	SAC-4 -NH <sub>3</sub> , 1 5/8"	89,011	b	3.5	13	159	860	295	770	225	35
CAT. II	SAC-5 -NH <sub>3</sub> , 2 1/8"	89,012	b	3.5	13	159	860	295	765	310	47
CAT. I II	SAC-6 -NH <sub>3</sub> , 2 5/8"	89,013	b	17.2	50	273	1222	408	1075	512	77
CAT. III	SAC-7 -NH <sub>3</sub> , 3 1/8"	89,014	b	17.2	50	273	1222	408	1075	832	132

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 95/121

#### 2.1.4.6. SELECCIÓN DEL FILTRO DESHIDRATADOR

En un circuito frigorífico perfectamente realizado, perfectamente estanco y deshidratado antes de su puesta en servicio, no debería aparecer ninguna señal de humedad.

En la práctica, y después de cierto tiempo de funcionamiento, pueden aparecer señales de humedad que perjudican al sistema.

Para evitar esos inconvenientes (para más información consultar capítulo de accesorios y elementos de control) hemos seleccionado el modelo DCL 033, con conexión SAE/ODF de 3/8”.

#### 2.1.4.7. SELECCIÓN DEL VISOR DE LÍQUIDO

Serán instalados en las tuberías de líquido, lo que nos permitirá durante el curso de su funcionamiento detectar la presencia de pompas de vapor en la tubería de líquido y el contenido en humedad del refrigerante.

El modelo seleccionado es el 3710/33 de conexión SAE 3/8” del catálogo de la empresa CASTEL

#### 2.1.4.8. SELECCIÓN DE LOS MANÓMETROS DE ALTA Y BAJA PRESIÓN

Los modelos adoptados para nuestra instalación serán el modelo 825 BC/247 para el manómetro de baja presión y el modelo 823 BC/247 para el de alta presión. La empresa suministradora será PECOMARK.

#### 2.1.4.9. SELECCIÓN DE LOS PRESOSTATOS DE ALTA Y DE BAJA

Del catálogo de JohnsonControls hemos adoptado para nuestra instalación los siguientes presostatos de alta y baja: Modelo P77bca 9300 será el presostato de baja y el modelo P77BEA 9350 será el presostato de alta.

#### 2.1.4.10. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE RETENCIÓN

La válvula de retención tiene por objetivo impedir la circulación a contracorriente del sentido normal de circulación, bien sea de fluido frigorígeno o cualquier otro fluido.

Para nuestra instalación frigorífica utilizaremos el modelo de válvula de globo 3122/11 de CASTEL. Para evitar los golpes de líquido en la descarga de los compresores durante las arrancadas instalaremos las válvulas de retención modelo NRVA 65 del catálogo de DANFOSS

A continuación, se adjuntan las selecciones de estas válvulas sacadas del programa de selección COOLSELECTOR.

## Coolselector2



## Información del proyecto

Nombre del proyecto:  
Comentarios:  
Creado por:  
Coolselector2 versión: 2.1.0. Base de datos: 19.20.1.8.4  
Imprimido: Miércoles, 30 de Agosto de 2017  
Preferencias utilizadas: Aplicaciones industriales

## Válvula de retención: Válvula de retención 1

## Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R717	Capacidad de refrigeración:	112,0 kW
Caudal másico en la línea:	870,8 kg/h	Capacidad de calefacción:	150,5 kW
Temperatura de evaporación:	-40,0 °C	Temperatura de condensación:	32,0 °C
Presión de evaporación:	0,719 bar	Presión de condensación:	12,39 bar
Recalentamiento antes del compresor:	0 K	Subenfriamiento:	2,0 K
Tasa de circulación:	3,00 -	Subenfriamiento adicional:	0 K
DP de la bomba:	2,000 bar	Temperatura de descarga:	140,0 °C

**Sistema y línea:** *Evaporador inundado con circulación por bomba. Línea de retorno h*

**Criterios de selección:** *Velocidad: 19,00 m/s*

## Selección: NRVA 65



Tipo	NRVA 40	NRVA 50	NRVA 65
NS	40	50	65
Q[mCB/Q]	44	44	75
DP100 [bar]	0,070	0,070	0,070
DPmín [bar]	0,050	0,050	0,050
Qcalc [mCB/Q]	44	44	73,97
DP [bar]	0,207	0,207	0,068
DTsat [°C]	6,2	6,2	1,8
Grado de apertura [%]	-	-	-
Carga [%]	166	166	97
Carga parcial posible [%]	12	12	21
Velocidad, ent. [m/s]	85,77	53,64	32,24
Estado de la línea	Abierta	Abierta	Parcialmente abierta

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 97/121

#### 2.1.4.11. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad permanecerán normalmente en posición de cierre, hasta que se alcance una presión determinada llamada presión de “timbre”. Irán montadas en los condensadores para protegerlos de un aumento excesivo de la presión ocasionado por una diferencia en la condensación del refrigerante. Otra se colocará antes del recipiente de líquido, que evitará la fuga del líquido.

Hemos adoptado el modelo FACR/01-14-27R del catálogo FAVRE con tarado para 27.5 bares.

#### 2.1.4.12. SELECCIÓN DE LOS TERMOSTATOS Y TERMÓMETROS

La temperatura de cada cámara será indicada por termómetros analógicos de esfera, colocados encima de la puerta de entrada de la antecámara.

Seleccionamos el termómetro del catálogo PECOMARK, modelo F87R de 100 mm de diámetro, de montaje plano con aro de color negro con escala de temperatura de -40 °C a +40°C y división de 1/1 °C.

Su finalidad es la de regular la temperatura de una superficie fría o de un ambiente frío entre dos límites prefijados, todo lo próxima posible a la temperatura real que se desea obtener.

Montaremos para todas las cámaras el modelo de termostato con bulbo TS1-B2A de ALCO con un rango operativo de -30/+15 con selector de Marcha/Paro.

#### 2.1.4.13. SELECCIÓN DEL RECIPIENTE DE LÍQUIDO

Para evitar inconvenientes en el servicio de nuestra instalación es necesario constituir una reserva de refrigerante líquido entre el condensador y el evaporador.

Esta acumulación de líquido refrigerante se constituye en el interior de un recipiente en el que puede depositarse el líquido formado por el condensador.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 98/121

Según el Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas, el recipiente de líquido deberá ser como mínimo 1,25 veces la capacidad del mayor evaporador de la instalación.

Del catálogo TECNAC seleccionamos el modelo Del catálogo TECNAC seleccionamos el modelo RLD-90 apto para el refrigerante R-717, recipiente tarado a 32 bares

#### 2.1.4.14. SELECCIÓN DEL SEPARADOR DE LÍQUIDO

Los separadores de agua WSD de Atlas Copco, fabricados con materiales inoxidables, separan el agua. Libres de mantenimiento y sin piezas móviles, incluyen un purgador automático y manual para evitar que se acumule agua condensada en los refrigeradores de su sistema de aire comprimido

Se empleará un separador de líquidos del fabricante Atlas Copco, modelo WSD.

### 2.1.5. TUBERÍAS

#### 2.1.5.1. CÁLCULO DE TUBERÍAS DE ASPIRACIÓN

##### Línea de aspiración del circuito de congelación.

Localización: Colectores-Compresor

##### Datos de cálculo:

Refrigerante: R-717

Capacidad de refrigeración: 112,0 kW

Temperatura de condensación: 32,0 °C

Temperatura de evaporación: -40 °C.

Presión de evaporación: 0,719 bar

Presión de condensación: 12,39 bar

Temperatura de descarga: 140,0 °C

Velocidad máx.: 12 m/s.

Caudal másico en la línea: 378,0 kg/h

Tasa de circulación: 3,00

Resultados:

DP de la bomba: 2,00 bar

Conexiones nominales (mm): tubería de acero DIN-EN 100

Longitud de tubería equivalente: 5 m lineales.

Conexiones nominales (pulg.): 3/8"

Dt max. Carga: 0,001 K

DP: 0,001 kPa/m

Velocidad: 14,6 m/s

2.1.5.2. CÁLCULO DE TUBERÍAS DE DESCARGA

**Líneas de descarga de los compresores del circuito de congelación**

Localización: Compresores – Condensadores

Datos de cálculo:

Refrigerante: R717

Caudal másico en la línea: 378,0 kg/h

Temperatura de evaporación: -40,0 °C

Temperatura de condensación: 32,0 °C

Presión de evaporación: 0,719 bar

Presión de condensación: 12,39 bar

Velocidad máx.: 15 m/s.

Recalentamiento antes del compresor: 293,0 K

Tasa de circulación: 3,00

Capacidad de refrigeración: 112,0 kW

Subenfriamiento: 2,0 K

Temperatura de descarga: 140,0 °C

Resultados:

DP de la bomba: 0,042 bar

DP: 0,012 kPa/m

Conexiones nominales (mm): tubería de acero DIN-EN 32

Conexiones nominales (pulg.): 1 ¼"

Longitud de tubería equivalente: 6 m lineales.

Dt max. Carga: 0,10 K.

Velocidad: 13,0 m/s.

**Línea de líquido circuito conservación**

Localización: Colector liquido bodega - Bodega

Datos de cálculo:

Refrigerante: R717

Caudal másico en la línea: 378,0 kg/h

Temperatura de evaporación: -40,0 °C

Presión de evaporación: 0,719 bar

Velocidad máx.: 1 m./s.

Recalentamiento antes del compresor: 283,0 K

Tasa de circulación: 3,00

Capacidad de refrigeración: 112,0 kW

Temperatura de condensación: 32,0 °C

Presión de condensación: 12,39 bar

Subenfriamiento: 2,0 K

Temperatura de descarga: 140,0 °C

Resultados:

Conexiones nominales (mm): tubería de acero DIN-EN 15

Conexiones nominales (pulg.): 1/2

Longitud de tubería equivalente: 25 m lineales.

Dp max. Carga: 0,032 Bar.

Dt max. Carga: 0,1 K.

Velocidad: 0,810 m/s.

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: ANEXOS	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 102/121

## **2.2. ESPECIFICACIÓN DEL ARMADOR**

A continuación se adjunta el documento de la especificación que requiere el armador.

---

REFRIGERATION  
SYSTEM  
SPECIFICATION

---

REFRIGERATION SYSTEM SPECIFICATION

*Revision Table*

Rev #	Date	Change Description	By:	Chked:
0	07/27/16	INITIAL SUBMISSION	RC	RC

## TABLE OF CONTENTS

1. GENERAL DESCRIPTION .....	3
Regulations .....	3
Design Criteria.....	3
2. FREEZING SYSTEM .....	3
3. ELECTRIC CONTROL AND MONITORING SYSTEM.....	4
4. SCOPE OF SUPPLY .....	4
5. ELECTRIC DISTRIBUTION AND CONTROL SYSTEM .....	16
Electric Distribution Panel.....	17
Electric Control System .....	17
6. PROJECT MANAGEMENT AND ENGINEERING BY THE MANUFACTURER.....	19
7. CRITICAL SPARES.....	19

## 1. GENERAL DESCRIPTION

Supplier: Johnson Controls Inc

Technical Specification for cargo freezing plant & associated equipment (including: Qty: 2 DSI supplied Horizontal Plate Freezers; Qty: 1 DSI supplied Vertical Plate Freezer; Qty: 1 Carsoe designed IQF Tunnel Freezer & Qty: 1 Cotes designed Dehumidifier system for IQF Tunnel) - complete with associated hardware, cabling & software + related equipment.

### REGULATIONS

The systems shall comply with the rules of DNV DN GL, EO, " Safety & Environmental Requirements Rules " valid July 2016 with DNV approval and certificates for all R717 pressure vessel with a volume > 68 litres.

### DESIGN CRITERIA

Refrigerant : R717

Net storage volume cargo hold : approx. 1320 m<sup>3</sup>

Storage temperature cargo hold : approx. -26 °C

Overall K-value for cargo hold : 0,45 W/m<sup>2</sup>K

Electricity supply, 3-phase main power : 3 x 400-440 V, 50-60 Hz

External stable, single-phase pilot voltage : 220 V, 60 Hz

Compressor freezing capacity for plate freezers : approx. 14 metric tons/23h

Freezing capacity for 1 off IQF belt freezer tunnels : approx. 15 metric tons/22h

## 2. FREEZING SYSTEM

The refrigeration machinery shall be designed for pump recirculation of the environmentally neutral refrigerant ammonia R717 and designed for semi-automatic operation. The refrigeration plant shall consist of two SABROE SAB151L-ECO, both with frequency UNISAB III controlled VSD drive electrical motors with special wiring enable to have full freezing capacity even when running system on 50 Hz. Both compressors shall be connected to two seawater cooled shell & tube condensers with pipe and tube plate of pure titanium Gr.2. The compressors shall be equipped with manual and automatic VSD step less capacity control from 100 to 10% which is governed by a UNISAB III computer mounted on each of the compressors. The UNISAB III computers interconnected to each other for optimal utilization of the compressor capacity and to optimize best possible performance and lowest possible power consumption.

The refrigeration plant shall be a high pressure regulated, and thus equipped with a pilot receiver with a electronic level transmitter, which via a PID loop control electronic motor valve for R717 liquid injection into the liquid separator.

The liquid separator shall be equipped with an electronic level indicator and the liquid level is indicated at the 15" touch display in ECR desk. Two R717 pumps, one in operation during full load and one for standby for circulation ammonia in IQF belt freezers, two horizontal automatic plate freezers, one vertical plate freezer, IQF belt freezer tunnel and cooling coils cargo hold on main deck. All R717 pumps are frequency controlled from PLC master for ensuring refrigerant pressure in liquid mainlines are constant regardless total load variation on the system with respect to lowest possible power consumption.

Each of the plate freezers and IQF belt freezer shall be designed for semi-automatic operation of electrical operated R717 valves for freezing and defrosting. Manual service valves arranged for future service on system according to our normal standard for supply of R717 refrigeration systems for marine application.

The freezer holds evaporators shall be fabricated in galvanized steel, designed for gravity air circulation and manual operation of hot gas defrosting.

### 3. ELECTRIC CONTROL AND MONITORING SYSTEM

The system shall be based on de-central control units placed at the relevant equipment. The units are connected in a network and the monitoring and alarm handling is made via 15" color graphical touch screen panel placed in the engine control room, one on bridge, and one in front compressor starter panel and one in processing office. A printer shall be connected for temperature report, alarm and trend curves printing. Each compressor shall be controlled by the special SABROE UNISAB III microprocessor. In case of network break down, the plant shall continue operation in "island local mode", i.e. operating with the last known settings. Emergency operation will then be possible at the local controllers.

The Master PLC controller shall be equipped with VNC connection to SmartChief II Ship Control & Monitoring system and with SKV viewer program for create temperature reports to print out or mail to home office from ships PC.

### 4. SCOPE OF SUPPLY

Qty: 2 SABROE R717 SAB 151L-ECO PACKAGED VSD SCREW COMPRESSOR UNIT:

- Type: SAB 151L-ECO VSD.
- Rotor diameter : 151 mm
- Length to diameter ratio : 1.5
- Speed female rotor : 3550 rpm
- Swept volume : 850 m<sup>3</sup>/h
- Performance at – 41,0/ +32,0°C : approx. 153 kW
- Power absorbed at – 41,0/ +32,0°C : approx. 105 kW

- Power absorbed at – 34,0/ +30,0°C : approx. 121 kW
- Motor rating, IP 23, F-Class with thermistors : 132 kW
- Compressor:
  - Asymmetric 4+6 SRM rotor profile
  - Cylindrical roller bearings for radial load
  - Four-point ball bearings for axial load
  - Mechanical shaft seal of metal-bellow type
  - Mechanical capacity slide position indicator
  - Built-in suction gas filter with 50 micron wire mesh, removable for cleaning
  - Built-in pressure relief valve
  - Slide stop for manual adjustment of the internal volume ratio
  - Built-in non-return valve on the suction side of the compressor
  - Built-in oil filter with magnet column and disposable high-efficiency element
  - Built-in oil flow switch
  - Oil borings connected with internal piping
  - Oil distribution pipes to all compressor lubrication connections
  
- Oil separator:
  - Horizontal oil separator which serves as base for compressor and motor, with oil separating system incl. oil separating element, securing oil residual is between 5 PPM to 30 PPM and equipped with sight glasses and immersion heater
  - Support for compressor and motor and with coupling guard
  - Stop valve for the suction side of the unit, mounted on the compressor
  - Stop valve for the discharge side of the unit, mounted on the oil separator
  - Discharge pipe connecting compressor and oil separator
  - Safety valve with welding nipple for connection to the atmosphere
  - Valve system with 2 solenoid valves for capacity regulation, and valves for adjustment of the slide speed.
  - Piping system for oil return from the oil separator to the compressor incl. sight glass and regulating valve.
  - Refrigerant cooled oil cooler with temperature regulating equipment
  - Service valves on the unit i.e. evacuation valve, oil drain valve on oil reservoir, oil drain valve on oil and refrigerant side on oil coolers, when the unit comprises oil coolers
  - Complete unit on vibration dampers for protection of unit and noise reduction on vessel.

- Complete mounting of the above-mentioned components painted with one coat of primer and one coat of high industrial enamel according to RAL Code 9006

Oil cooler shall be refrigerant cooled with automatic oil temperature control to avoid the risk of condensation of refrigerant in the oil. This oil cooler principal shall not require external seawater piping system and pumps.

Qty: 2 MICROPROCESSOR CONTROL AND MONITORING PANEL of type UNISAB III system and necessary transducers, ready mounted on the compressor.

- Microprocessor control panel, type UNISAB II for each comp. with indication of:
  - Suction pressure (bar and °C)
  - Discharge pressure (bar and °C)
  - Differential pressure
  - Superheat
  - Discharge temperature
  - Oil temperature
  - Capacity slide position
  - Safety cut-out and pre-warning function for high discharge pressure, low suction pressure, differential pressure, high and low oil temperature, high discharge gas temperature, high and low superheat.
- Following functions included:
  - Suction pressure regulator
  - Control loop for manual capacity slide position look
  - Suction and discharge pressure limit
  - Current limitation
  - High/low suction pressure set point externally operated
  - Energy optimizing parallel operating system for the compressors
  - Thermistor input for compressor motor protection
  - Emergency stop
  - Separate relay output for common alarm i.e. for EO alarm system - Pressure and temperature sensor system mounted and wired on the unit comprising:
    - One low pressure and two high pressure transducers
    - Three temperature sensors
    - Electrical slide position sensors
    - Oil piping system complete

Note: The Single SAB units shall be completely assembled with all piping and electrical wiring for UNISAB III, and is pressure tested and painted.

Qty: 2 ELECTRIC MOTORS,

- Make: Schorch, or similar with wiring for 3x400 volt, 60 Hz, 132 kW, 3600 rpm will be supplied in ventilated, drip water proof marine execution special manufactured with insulated bearings and wiring for frequency control of the SAB151L screw compressor in range 1200-3600 rpm. Protection degree is IP23, insulation class F, and with standstill heating and thermistors in the winding.

Qty: 2 FREQUENCY CONVERTERS

- Make Danfoss ; For capacity regulation of SAB151L screw compressor in range 1200-3600 rpm controlled by the UNISAB III.

Qty: 1 OIL CHARGE PUMP

- Mounted on one of the compressor units.

Qty: 2 MARINE CONDENSER - horizontal shell-and-tube marine type

- Supplied complete with connections for refrigerant inlet and outlet and counter flanges for the sea water connections. The tubes, through which the cooling water circulates, are of pure titanium Gr.2, roller and seal welded to compound tube plates of steel/titanium material. The outer shell is of steel plate, and the end covers, easily removable for cleaning of the tubes, are of cast steel covered with Rilsan. The condenser is provided with pressure equalizing valve, safety valve and air purge valve.
  - Make : Johnson Controls
  - Type : COTB 274002
  - Seawater flow : 105 M3/h
  - Pressure loss seawater : 8,5 m.b.g
  - Tube fouling factor seawater : 0.0001 m<sup>2</sup>.K/w

Both tube and tube plates shall be made in the same materials, pure titanium Gr.2 tubes which ensures long life time and avoid pitting corrosion between dis-similar materials against seawater. The condenser is balanced with the compressors at full load based on fouling factor 0, 0001 m<sup>2</sup>K/W. This factor corresponds to an operational condenser and not a brand new clean one. In other word we have designed the plant to have full performance also when condensers is a bit dirty or equal to 20-25 % more condenser capacity.

Qty: 2 SEAWATER PUMPS for condenser.

## REFRIGERATION SYSTEM SPECIFICATION

- The pump is of vertical type make Desmi, with housing of bronze, impeller of bronze and shaft of stainless steel for direct coupling of the electric motor.
  - Capacity at 1740 rpm: approx. 105 m<sup>3</sup>/h at 16 mWG.
  - Motor, IP 55 class insulation : 12 kW

Qty: 2 FREQUENCY CONVERTERS with equipment for regulating the seawater pump speed

- Regulating the sea water flow through the condenser based upon the condensing pressure and selected set-point controlled from PLC master. Frequency converters will be build-in in freezing starter panel.
- Make : Danfoss

Qty: 1 R717 PILOT RECEIVER

- Vertical marine type, complete with pressure equalizing valve, purging valve, safety valve and necessary connections for the R717 system.

Qty: 1 ELECTRONIC MAIN VALVE

- For liquid injection into the liquid separator

Qty: 1 R717 PUMP SEPARATOR of vertical marine type - PSV

- Made of steel, complete with necessary connections for R717 inlet and outlet. The separator has electrical liquid level indication with interface to the master PLC in the Freezing Starter Panel, the level and adjustment of min/max liquid level is indicated /set at the 15" finger touch panel in ECR. The pump separator volume is sufficient to contain the total R717 charge of the plant.
- The separator supplied uninsulated.
- Type : PSV
- Volume : approx. 7000 liters

Qty: 1 Oil DRAIN VESSEL

- Supplied with electrical heating element for oil drainage from pump separator manual

Qty: 1 SEMI-AUTOMATIC AIR PURGER – Atlas type

- For continuous air purging of high pressure side on the freezing system the plant. Cycle for purge of different location on condensers and pilot receiver will be controlled automatically from PLC in Refrigeration panel to ensuring lowest possible condenser pressure with respect to overall plant energy consumption

Qty: 1 JCI AMMONIA CLEANER SYSTEM – Atlas type

## REFRIGERATION SYSTEM SPECIFICATION

- Connected to the low pressure liquid for water and oil drainage. The vessel also provided with a flange connection for removal of accumulated sludge and dirt. The system operated automatically and the drain is manually done with sudden intervals. Due to operation of system at low R717 evaporating temperature equal to vacuum in system. Air and moisture will enter ammonia and result in increased power consumption and reduced compressor cooling capacity for which reason we recommend a Johnson Controls Marine R717 water separator vessel with automatics to be installed to main refrigeration system manual drain of water and sludge from system.

### Qty: 1 R717 ECONOMIZER

- Type EOSE horizontal pressure vessel as closed coil economizer for R717 with supports for floor mounting. Equipped with pressure control valve including pilot valve and solenoid valve, stop/check valve and strainer Liquid level including float valve, solenoid valve, liquid flow valve, strainer and isolating valves. Safety valve, high level switch, service valve and oil drain.

### Qty: 2 HORIZONTAL PLATE FREEZERS

- For pump circulation of refrigerant ammonia R717 with freezing plates made of seawater resistant aluminum plates and extruded channels for the refrigerant. The main frame and its steel members are hot-dip galvanized. The connecting hoses are of the bellow type and in stainless steel execution (AISI 316). Liquid and return header manifold and fittings in stainless steel (AISI 316 L). Manual valves for operation of hydraulic system.

### Type: DSI HK 24/8 (frame and header for future 12 stations)

- Dimension : 2965x1720x2392 mm (Lx W x H)
- Plate dimension : 2190 x 1230 mm
- Number of freezing stations : 8
- Max. opening between plates : 127 mm
- Min. opening between plates : 60 mm
- Loading/Unloading manual : Front/back
- Refrigerant feeding system : Pump circulation R-717
- Defrosting system : Hot gas

### Capacity:

- Product : Clam meats
- Block dimension : 615x415x60 mm (tray)
- Blocks pr. station : 10
- Weight of each block, estimated : 12 kg

## REFRIGERATION SYSTEM SPECIFICATION

- Weight per batch : 960 kg
- Cycle time per batch, estimated : 245 minutes (120+90+35)
- Capacity per 24 hours : 4800 kg per freezer with 5 cycles
- Capacity per hour : 208 kg per hour per freezer
- Product Temperature In/Out :+6 °C / -22 °C
- Evaporation Temperature :- 40 °C @ suction header

Qty: 2 SET OF ANTI ROLLER BARS for the horizontal plate freezers

Qty: 2 INSULATED TOWN-HOUSE CABINET

- 30 mm standard panels with manual roller curtains in front and rear.

Qty: 1 VERTICAL PLATE FREEZER

- With freezing plates made of seawater resistant aluminum plates and extruded channels for the refrigerant. The freezing plates, refrigerant headers and flexible hoses are all assembled in an all steel welded heavy duty box section framework which is fully hot dipped galvanized after manufacture for protection. The front top member where the blocks are unloaded is of stainless steel. All nuts, bolts, hydraulic cylinders and fittings are stainless steel. The connecting hoses consists of a PTFE tube covered externally with double braided stainless steel which remain flexible through the temperature range thus permitting plate movement. Liquid and return header manifold and hydraulic fittings in stainless steel (AISI 316 L). Manually valves for operation of hydraulic system for connection to existing hydraulic power unit and piping system in factory area.

Type: DSI V3 20/51 B

Nominal freezing capacity based upon

- Freezing clam products in 528 x 530 x 51 mm
- block thickness : Shall be Specified by Client
- Product weight per station : Shall be Specified by Client
- Product charge per charge : Shall be Specified by Client
- Number of charges per 24 hour : Shall be Specified by Client
- Plate dimension : 1070 x 530 mm
- Number of freezing stations : 20
- Loading/Unloading manual : Front
- Refrigerant feeding system : Pump circulation R717
- Defrosting system : Hot gas

Qty: 1 SET BLOCK DIVIDER for vertical plate freezers

Qty: 1 HYDRAULIC TWIN PUMP UNIT

- Common for the plate freezers, each with two oil pumps with 2.2 kW electric motor and motor starters, complete with gauges, safety valves, common oil tank, and pressure controls. (One of the pumps is spare).

Qty: 2 R717 PUMPS - Type: Hermetic CAM - Motor: 3.5 kW

- For circulation of R717 in the plate freezers, IQF belt freezers and for cooling coils cargo hold. The pump is of hermetic type and each pump is equipped with its own frequency converter and differential pressure gauge and differential pressure control for safety reasons and automatic pressure control governed by the PLC master in Refrigeration Machine Panel.
- One pump shall be in operation at full freezing load equipment with frequency converter to secure constant liquid pressure after pump according to measurement with a pressure transmitter in liquid pipe after pumps. One pump to be fully installed in system in order to act as stand-by pump.

Qty: 2 FREQUENCY CONVERTERS

- For frequency control of the R717 pump speed in order to secure constant R717 liquid pressure in the system independent of actual freezer load at lowest possible power consumption. The R717 pumps protected against min flow with a pressure regulated by-pass valve to pump separator.

Qty: 1 SUCTION STRAINER

- Supplied with a removable filter element fitted for one pump. After refrigerant charging and the initial run up the filter element be removed.

Qty: 1 DOUBLE LIQUID STRAINER SYSTEM

- For use with main liquid line after R717 pumps and equipped with manometer and alarm for high filter difference pressure connected to PLC plant control & monitoring system. This system will allow cleaning the filter without shunt down in production.

Qty: 3 R717 SEMI-AUTOMATIC VALVE SETS

- For electrical or pneumatic operation of the refrigerant valves on each horizontal and vertical plate freezers for freeze and defrost mode.

Qty: 3 ELECTRIC CONTROL PANELS

## REFRIGERATION SYSTEM SPECIFICATION

- Shall be fabricated from stainless 316 L for operation of the automatic valve set on each horizontal and vertical plate freezers. The control panel includes illuminated push bottoms for control and indication of either freeze, stand-by or defrost mode of the plate freezer. The control panel is interfacing with PLC master in refrigeration Machinery Panel.

### Qty: 2 FREQUENCY CONVERTERS

- Supplied for regulating the ventilator speed and thus regulating the air flow through the IQF-freezers according to actual load in order to optimize product quality and electrical power consumption. Total 10 ventilation fans each with approx. 4.4 kW electrical motor to be regulated.

### Qty: 1 SET OF PLC TEMPERATURE REGULATING EQUIPMENT

- For adjusting the air temperature and air circulation rate separately in IQF belt freezer according to actual load and temperature difference across upper and lower conveyor belts ensuring quality of frozen clam products.
- The system will be controlled from PLC master interfacing with refrigeration Machinery Panel.

### Qty: 1 R717 SEMI-AUTOMATIC VALVE SETS

- Supplied for electrical operation of the refrigerant valves on IQF belt freezer for freeze and defrost mode.

### Qty: 1 TRAFFIC LIGHTS

- For IQF belt freezer located near product inlet for quick visual indication to operation personal in factory regard temperature status in freezer.

### Qty: 1 COMMON ELECTRICAL PANEL

- For operation of the fans, temperature regulating equipment and electrical valves on the IQF freezer. The panel for the IQF-freezer to be in stainless 316 steel execution.

### Qty: 1 QUICK HOTGAS SUPPLY/RETURN DEFROSTING system

- To secure constant and sufficient hot gas pressure to factory during defrosting independent of load on condensers and quick pump down of plate freezers and air cooler blocks in IQF belt freezer. System ensuring rapidly pump down of cold ammonia liquid upon start defrosting and only allowing liquid to return to wet suction pipe line during defrost period.
- The system activated and controlled automatic from PLC master in refrigeration panel when operator personal start defrosting.

### Qty: 1 SET OF GRAVITY AIR COOLERS / EVAPORATOR COILS for cargo hold.

## REFRIGERATION SYSTEM SPECIFICATION

- The coolers shall be steel coil finned tube evaporators, hot-dip galvanized externally. Designed for deck mounting and semi-automatic hot gas defrosting. Final number and design of the cooling coils will be determined after receipt of final drawings of the fish hold.
- Spiral fin pitch : approx. 18 mm
- Layout and number of coils in cargo hold shall be similar to figure 1, but may vary depending on size of each unit specified by the Manufacturer.

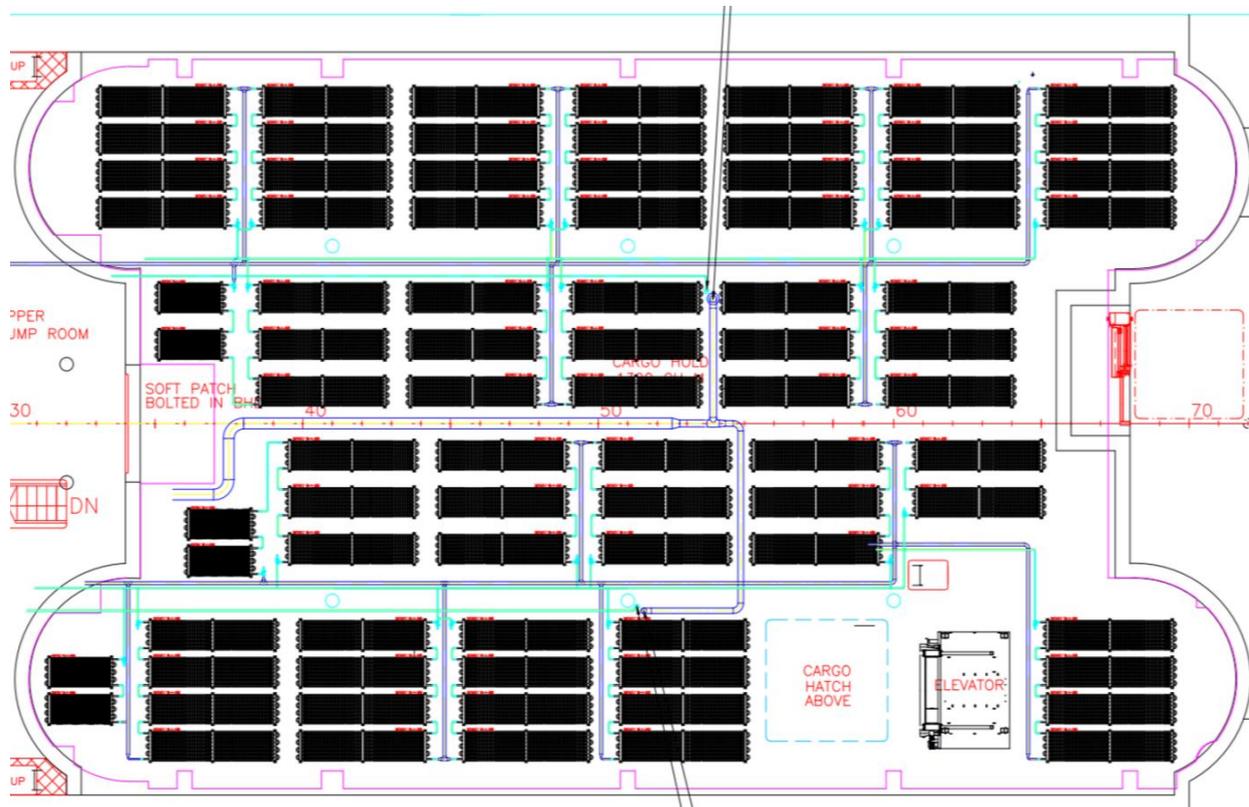


FIGURE 1 - PRELIMINARY EVAPORATOR LAYOUT IN CARGO HOLD

Qty: 1 SET OF TEMPERATURE REGULATING EQUIPMENT

- For control room temperature within +/- 2 °C in cargo hold. The Monitoring - Control and parameter settings maintained from screen picture on 15" finger touch panel in ECR deck.

Qty: 1 SET OF TEMPERATURE REGULATING EQUIPMENT

- For control temperature in glazer tank within +/- 2 °C. The Monitoring - Control and parameter settings maintained from screen picture on 15" finger touch panel in ECR deck. Stainless cooling coil for mounting in glazer tank is not our scope of supply.

Qty: 1 SET OF TEMPERATURE REGULATING EQUIPMENT

- For control temperature in buffer/hopper tank for chilling clam products before enter IQF belt freezer. The Monitoring - Control and parameter settings maintained from screen picture on 15" finger touch panel in ECR deck. Stainless cooling coil for mounting in buffer/hopper tank is not our scope of supply.

Qty: 1 R717 VALVES AND AUTOMATIC CONTROLS for the plant,

- Comprising all valves for the R717 system, such as stop valves, hand regulating expansion valves, solenoid valves etc., to ensure safe and correct operation of the plant and with ample number of shut-off valves for isolation of sections during service and maintenance works on refrigeration system without shunt down the complete freezing plant.
- Manual valves in Danfoss normal standard none stainless in refrigeration machinery room, valves in process area and cargo hold delivered in stainless quality make Danfoss.
- Number and location of service valves to specified on R717 system piping diagram for owner approval.

Qty: 1 PIPES AND FITTINGS FOR THE COMPLETE R717 SYSTEM.

- The pipes delivered in straight lengths in stainless quality ASSI 316 L for the complete piping systems. Pipe thickness according to DNV requirements.

Qty: 1 INITIAL CHARGE of the system with refrigerant R717 and oil.

- Sabroe brand synthetic PAO68.

Qty: 1 AMMONIA DETECTION SYSTEM (RDS)

- The operator shall be able to monitor the status of the refrigerant sensors. The RDS system shall supervise possible refrigerant leaks in the Refrigeration Machinery Room, processing area and cargo hold. The RDS system shall be hardwired interfaced to Freezing Plant ventilation system, Main Switchboard (For disconnection of Refrigeration System), with digital outputs for visual and audible alarms.

Qty: 9 R717 LEAK DETECTION SENSORS

- To be placed in the following locations. Sensors will be of Ex. Type according to DNV requirements for installation of ammonia refrigeration systems on fishing vessels.
  - Two in refrigeration machinery room
  - Three in process deck
  - Two in cargo hold
  - One in common outlet pipe from safety valves

- One in ammonia storage room

Qty: 16 TEMPERATURE SENSORS for the temperature recording system

- Type : PT 100 - 3 wire for air
- Lowest environmental temperature : -35 °C
- Enclosure : IP 65

Qty: 1 R717 QUICK CLOSING VALVE,

- one each for common liquid, wet suction and hot gas main pipe line with interface to RDS system and the manual emergency shunt down control boxes.

Qty: 3 EMERGENCY SHUT DOWN CONTROL BOXES

- With two separate manual shut down push bottoms for R717 quick closing valves.

Qty: 1 IQF TUNNEL FREEZER

- Carsoe AS to design, fabricate & install
- Capacity: Up to 15 tons/21 hours (70 kW absorbing cooling effect from the product)
- Product: Type – Clams
- Weight: 41-50 pc / kg
- Inlet temperature: 5 °C
- Outlet temp: - 24 °C equalized temperature
- Freezing time: 6 minutes upper belt & 20 minutes lower belt
- Product loading: 4,02 kg/m<sup>2</sup> upper belt & 13,4 kg/m<sup>2</sup> lower belt
- Electrical control mounted in stainless steel box including:
  - Start/stop and motor protection for conveyor.
  - frequency controlled speed adjustment for conveyor
  - digital read out of freezing time
  - digital read out of air temperature
  - Cabinet made of 100 mm thick sandwich panels insulated with PUR and covered with 0,8 stainless steel sheets (finish: neutralized; Quality: AISI 304)
  - The cabinet is equipped with doors and lids where required.
  - Insulated columns
  - Fully welded stainless steel bottom; the bottom needs to be foam insulated.
  - 2 freezing conveyor belts made of polyethylene integrated in a fully welded stainless steel frame. The conveyor is equipped with an electrically driven gear motor with frequency inverter for speed adjustment.
  - Qty: 1 Brushes on the upper belt for continuous cleaning

## REFRIGERATION SYSTEM SPECIFICATION

- Qty: 2 "product loosner"
- Qty: 14 fans : Motor type: Grundfos special w/Internal heaters
- Evaporator designed as steel tube with integrated fins. All parts are heat-galvanized after being manufactured. The evaporator is designed for a Nh3 pump system.
- DNV certified evaporator

Qty: 1 COTES DEHUMIDIFIER C35D-3.2 3X400V/60HZ PLC-C

- Dehumidifying of the room before the IQF freezer.
- Designed for Room volume : 28 m3
- Room Temp : 3-4 °C
- Inlet Humidity : 18 - 23 g/kg
- Outdoor Temp : Up to 36 °C
- 3x400V, 60 Hz

The room must be kept at 3-4 °C by cooling as the dehumidifying process itself heats the air. (Approximate contribution is 2.7 KW).

Qty: 1 SET PERSONAL AMMONIA SAFETY PROTECTION

- Equipment included: 2 (two) sets DNV approved chemical suits with Air cylinder, regulator, and four ammonia face masks with spare filters.

Qty: 1 SET ACOUSTIC & OPTICAL ALARMS

- Hardware and push bottoms for installation in various RDS compartment zone for indication of ammonia gas leak as required according DNV GL requirements.

## 5. ELECTRIC DISTRIBUTION AND CONTROL SYSTEM

Electric Distribution System includes:

- Qty: 1 Freezing Starter Panel.
- Qty: 1 IQF Freezer Panel
- Qty: 2 UNISAB III; Control Refrigeration Compressors.
- Qty: 1 Master Controller; incl. 15"finger touch, color display for mounting in compressor starter panel and factory office.
- Qty: 1 Laser printer for hold temperature reports.
- Qty: 1 Control panel for IQF belt freezer

- Qty: 4 - 15 " displays
- Qty: 3 Control boxes for operation R717 valves on plate freezers
- Qty: 3 Control boxes; Quick closing valves emergency shut down
- Qty: 1 RDS Monitoring Panel incl. PLC and display for supervision of refrigerant gases

## ELECTRIC DISTRIBUTION PANEL

Freezing machinery Starter Panel shall be located outside the Refrigeration Machinery Room. The panel shall be built to marine standards and Class requirements. Included are the three compressors with electrical motors connected via frequency converters - IP54 - directly to the Main Switchboard. Other consumers, such as pumps are connected to a common power bus bar; but separated in two parts and to be fed from each side of the MSB. Pilot voltage 220V is external supplied and stable 60Hz.

The master controller (PLC) incl. 15" finger Color touch display and with communication to other controllers. Compressors can be either local controlled from the UNISAB III or via 15" finger color touch display. Other motors are either controlled by start/stop switches incl. signal lamps or via the color touch display. The control circuits shall be pre-wired and connected to terminals.

IQF Freezer Panel steel sheet execution, to be positioned outside process deck, supplying IQF fans via frequency converters – VSD.

## ELECTRIC CONTROL SYSTEM

### IQF Control Panel

- Stainless steel SS316 execution, placed at process area. Illuminated push buttons and indication lamps installed in front of the panel for daily operation of the IQF's. The controller is interfacing with the PLC in the Freezing Starter Panel.

### Plate Freezer Control Box stainless,

- With illuminated push buttons for control and indication of freezing and defrost mode of the plate freezers. The control box is interfacing with the PLC in the Freezing Starter Panel.

### Emergency Shut Down Control Box

- Reinforced polycarbonate, with two separate manual shut down push bottoms for R717 quick closing valves.

### UNISAB III controller

- a standard Johnson Controls electronic compressor control and supervision stand-alone panel, mounted at the compressor unit and intended for local or remote control and supervision. RS 485 network is used for communication between the compressors.

### Master controller

- placed in the “Freezing Starter Panel”, with interfacing to the local controllers and periphery equipment and supervision of the following functions:
  - Condensers
  - Sea water-, and refrigeration pumps
  - Air purger control
  - IQF belt freezer
  - Plate freezers
  - Hold temperature control
  - Hold temperatures monitoring
- Alarms will be communicated to the Main Alarm System as a common refrigeration alarm at a digital output

The master controller is operated from a 15” finger color touch display and with the following facilities:

- COMPRESSOR from where the operator can monitor the actual running status, pressures and temperatures for each compressor. Furthermore, it is possible to select compressor settings. All warnings and alarms from UNISAB III system indicated.
- CONDENSER from where the operator can control and monitor the SW pumps and the condensing pressure. Furthermore, it is possible to adjust condensing pressure set points and control loop parameters.
- PUMP SEPARATOR from where the operator can control and monitor status for the R717 pumps and actual R717 liquid level in pump separator. Furthermore, it is possible to change parameters and time for automatic sequence start/stop of the pumps and selected alarm limit for maximum and minimum R717 level in the pump separator.
- IQF BELT FREEZER where the operator can monitor actual temperatures for all temperature sensors in each cooler sections and temperature set points adjusted for regulation of temperature and air ventilation rate.
- AIR PURGER where the operator may read the actual status and change the relevant parameters.
- FREEZING HOLD TEMPERATURE where the operator can monitor actual temperatures for all temperature sensors in cargo hold. Furthermore the temperature set points can be adjusted and select which sensor to be used for temperature control in the hold.
- RDS from where the operator can monitor the status of the refrigerant sensors. The RDS system is supervising possible refrigerant leaks mainly in the Refrigeration Machinery Room and spaces where refrigerant are present. The RDS system is hardwired interfaced to Freezing

Plant ventilation system, Main Switchboard (For disconnection of Refrigeration System), visual and audible alarms

## 6. PROJECT MANAGEMENT AND ENGINEERING BY THE MANUFACTURER

A project manager from the Manufacturer shall be responsible for technical assistance and communication- co-ordination with the yard and owner during design-construction and installation of systems including the following:

- Principal R717 piping system diagram
- Principal layout of main components in refrigeration machinery room
- Principal layout of cooling coils in cargo hold
- Principal electrical diagrams
- Principal SW piping diagram
- Dimensional sketches and footprints of main components
- Layout, sizing and control of IQF tunnel

## 7. CRITICAL SPARES

Standard 6 month supply of spares to be included as suggested by the manufacturer(s).

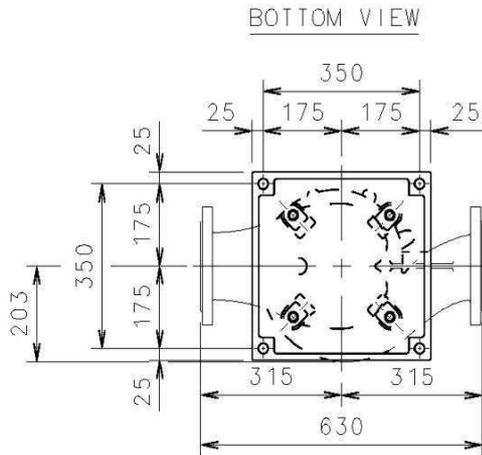
### 2.3. CATÁLOGOS DE LOS EQUIPOS

Índice de catálogos:

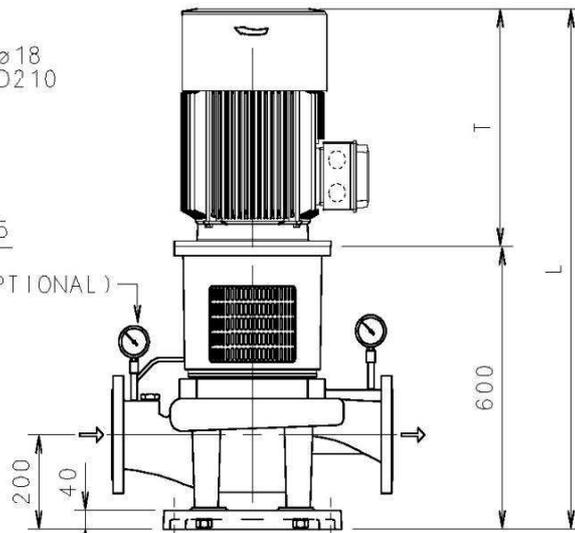
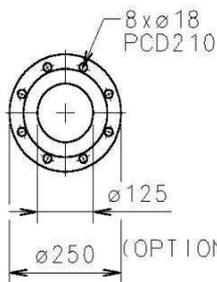
- Bomba del condensador
- Bomba de circulación de refrigerante
- Condensador
- Congelador de placas vertical
- Congelador de placas horizontal
- Deshumificador
- Separador de aceite
- Termóstatos y termómetros
- Túnel de congelación
- Visor de líquido

## Pos. 1 NSL125-215/D02 - Dimensionstegning

T
441.00 mm
L
1041.00 mm
Motor weight
57.0
Pump weight
145.4



SUCTION  
&  
DELIVERY



E		
D		
C		
B		
A		

NOTES: FLANGES ACC. TO DIN2632 PN10

CO No.	-	Date	-	Dimensional Sketch	Scale
Quo. No.	-	Date	-		
Drawn	SD	Date	2013.11.18	NSL125-215/-02	Drawing No.
Approve	WJ1	Date	2013.11.18		
				DESMI	41 03 97
				www.desmi.com © DESMI 2013 ALL RIGHTS RESERVED	Revision A.1

Size: A4 (210x297)

MARINE & OFFSHORE

INDUSTRY

OIL SPILL RESPONSE

DEFENCE & FUEL

UTILITY

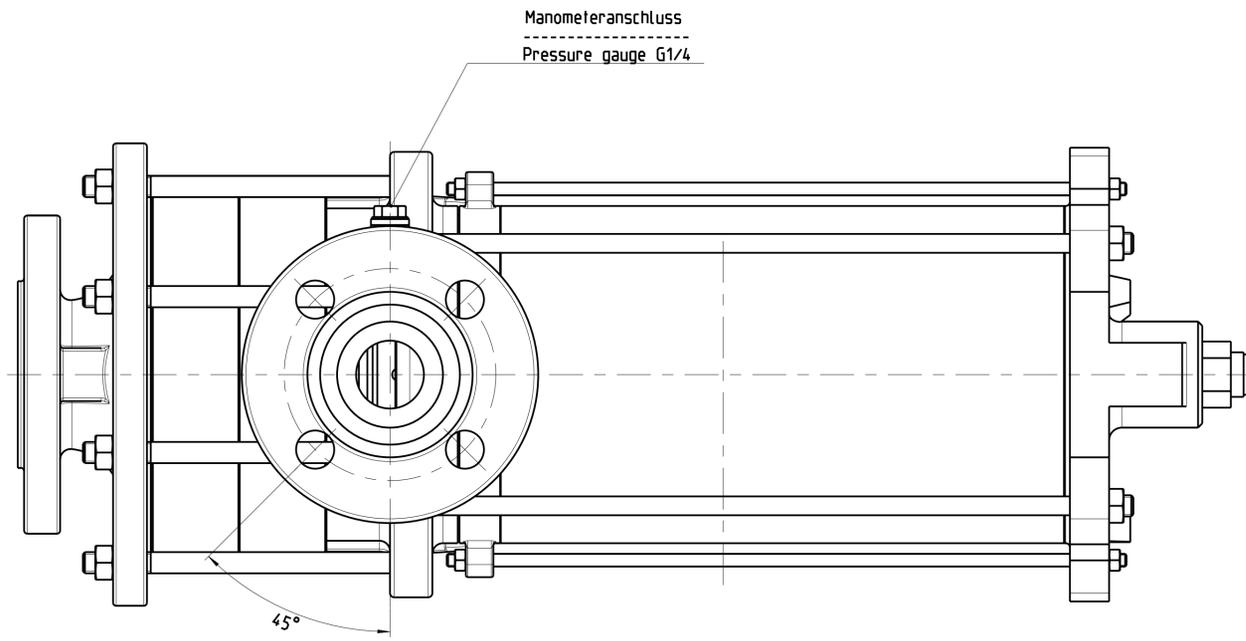
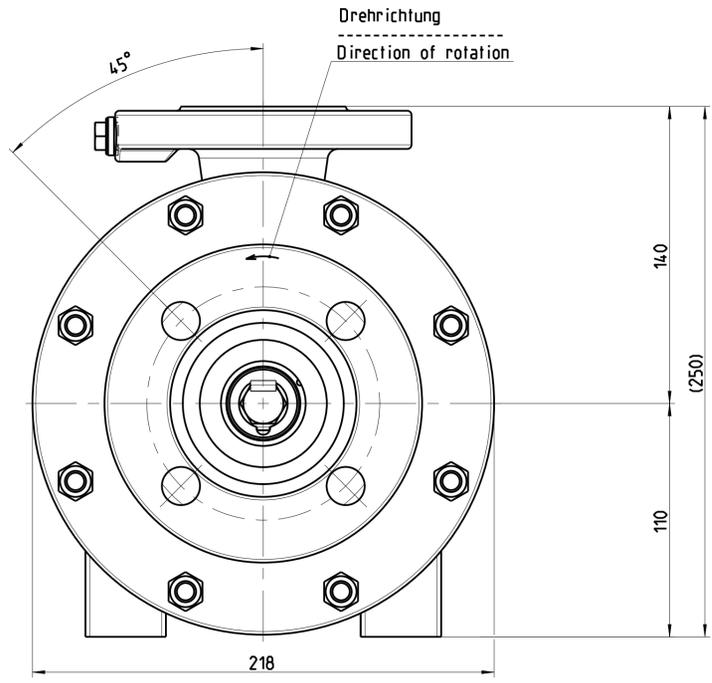
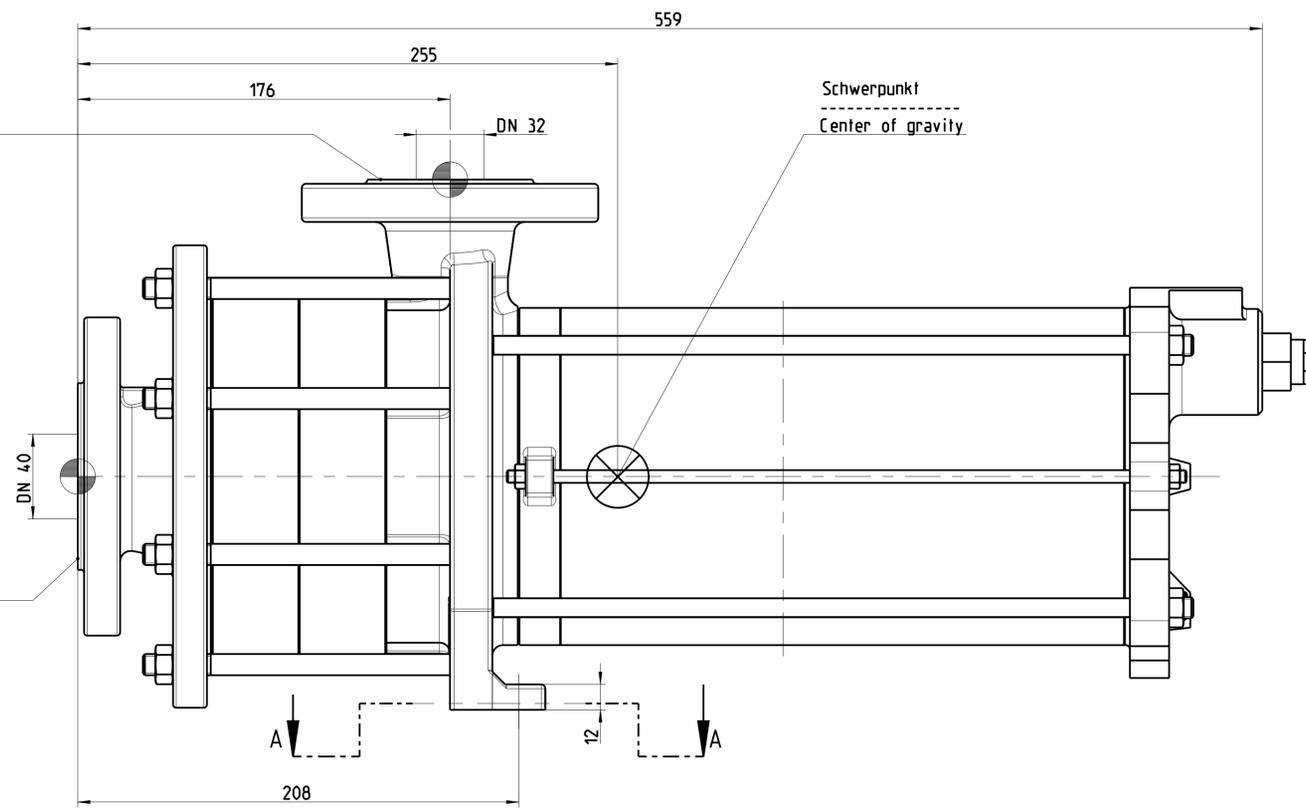
DESMI Danmark A/S  
 Tagholm 1  
 DK-9400 Nørresundby  
 Denmark

Tlf: +45 7244 0250  
 Fax: +45 9817 5499  
 Internet: www.desmi.com

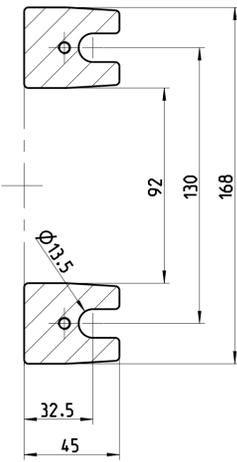
CVR-nr.: 29798362  
 VAT-nr.: 29798362  
 Bank: Nordea Bank (NDEADKKK)  
 Konto nr.: 2214 6270 357014

(N2)  
Druckstutzen DN 32  
PN40, EN 1092-1 Form D  
discharge nozzle DN 32  
PN40, EN 1092-1 type D

(N1)  
Saugstutzen DN 40  
PN40, EN 1092-1 Form D  
suction nozzle DN 40  
PN40, EN 1092-1 type D

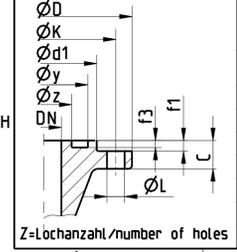


A-A



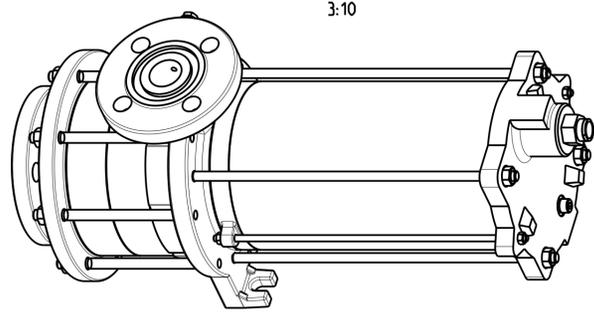
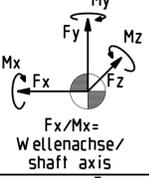
This drawing is protected by copyright with all rights reserved. Under the copyright laws, this drawing may not be copied, in whole or in part, without the written permission of the copyright owner. It is unlawful to make any copies thereof, to any third party, or to loan it to another person / to disclose any information thereof to another person.

Gewichte/weights  
Total ca. 63kg



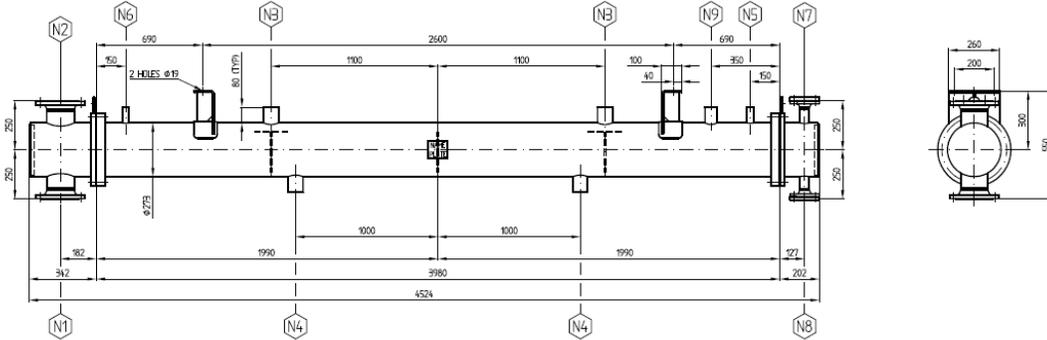
Flansche nach EN 1092-1, PN40, Form D flanges acc. to EN 1092-1, PN40, type D											
EN 1092-1	DN	ØD	ØK	C	Z	ØL	Øz	Øy	Ød1	f1	f3
(N1)	DN 40	150	110	18	4	18	60	76	88	3	4
(N2)	DN 32	140	100	18	4	18	50	66	78	2	4

Ausleg.Temp. / design temp. /°C	120	Saugstutzen suction nozzle	Druckstutzen discharge nozzle
Kraefte/forces [N]	Fx	850	350
	Fy	450	450
	Fz	450	350
Momente/torques [Nm]	Mx	450	160
	My	280	250
	Mz	280	140



Status				In Arbeit			
00	24.11.2014	GUENTER					
Rev.	Datum	Bearb.	Blatt	Revisionshinweis/Aenderung			
HERMETIC -Pumpen GmbH Gewerbestrasse 51 D-79194 Gundelfingen phone: +49-761-5830-0 fax: +49-761-5830-280 hermetic-hermetic-pumpen.com www.hermetic-pumpen.com			Allgemein toleranz: general tolerance: DIN ISO 2768-1 c		Massstab/scale: 3:5 Werkst./material: Benennung/name: <b>CAM 2/3</b> <b>CAM 2/3</b> <b>Motor AGX 3.0</b> motor AGX 3.0		
Bearb. / designed	24.11.2014	GUENTER					
Gepr. / checked	24.11.2014	WALDIN					
Norm							
			Masszeichnung/dimensional drawing:				1/2
			<b>40046455D</b>				Blatt/sheet





PRESSURES - bar -			
TUBE SIDE		SHELL SIDE	
SEAWATER		NH3	
Work	Design	Test	Work
--	-1/10	15	-1/22
			33
TEMPERATURES - °C -			
INLET		OUTLET	
Design		Condensation	
--		-5/+50	
		Design	
		-5/+50	
CLASS DNV			
CLASS: I11		CLASS: I	

ITEM	DESCRIPTION	DRAW/NORM	DIMENSIONS	REMARKS
N9	REF. OIL COOLING RETURN	DIN 2448	DN50	
N8	SEAWATER DRAIN	EN 1092-1	DN40 PN16	WITH BLIND
N7	SEAWATER PURGE	EN 1092-1	DN40 PN16	WITH BLIND
N6	EQUALIZER	DIN 2448	DN25	
N5	SAFETY VALVE	DIN 2448	DN25	
N4	NH3 OUTLET	DIN 2448	DN80 (x2)	
N3	NH3 INLET	DIN 2448	DN80 (x2)	
N2	SEAWATER OUTLET	EN 1092-1	DN100 PN16	
N1	SEAWATER INLET	EN 1092-1	DN100 PN16	

DENOMINATION:		EMPTY WEIGHT
NH3 CONDENSER		TUBESHEET
DRAWING Nr:	REVISION	DATE
CAMT-273-2-DG/221	0	2016-10-17
TYPE:	SIZE	CUSTOMER
COTB 274002	A3	JOHNSON C. DENMARK

Document Title:

## Sea water condenser

Document No.:

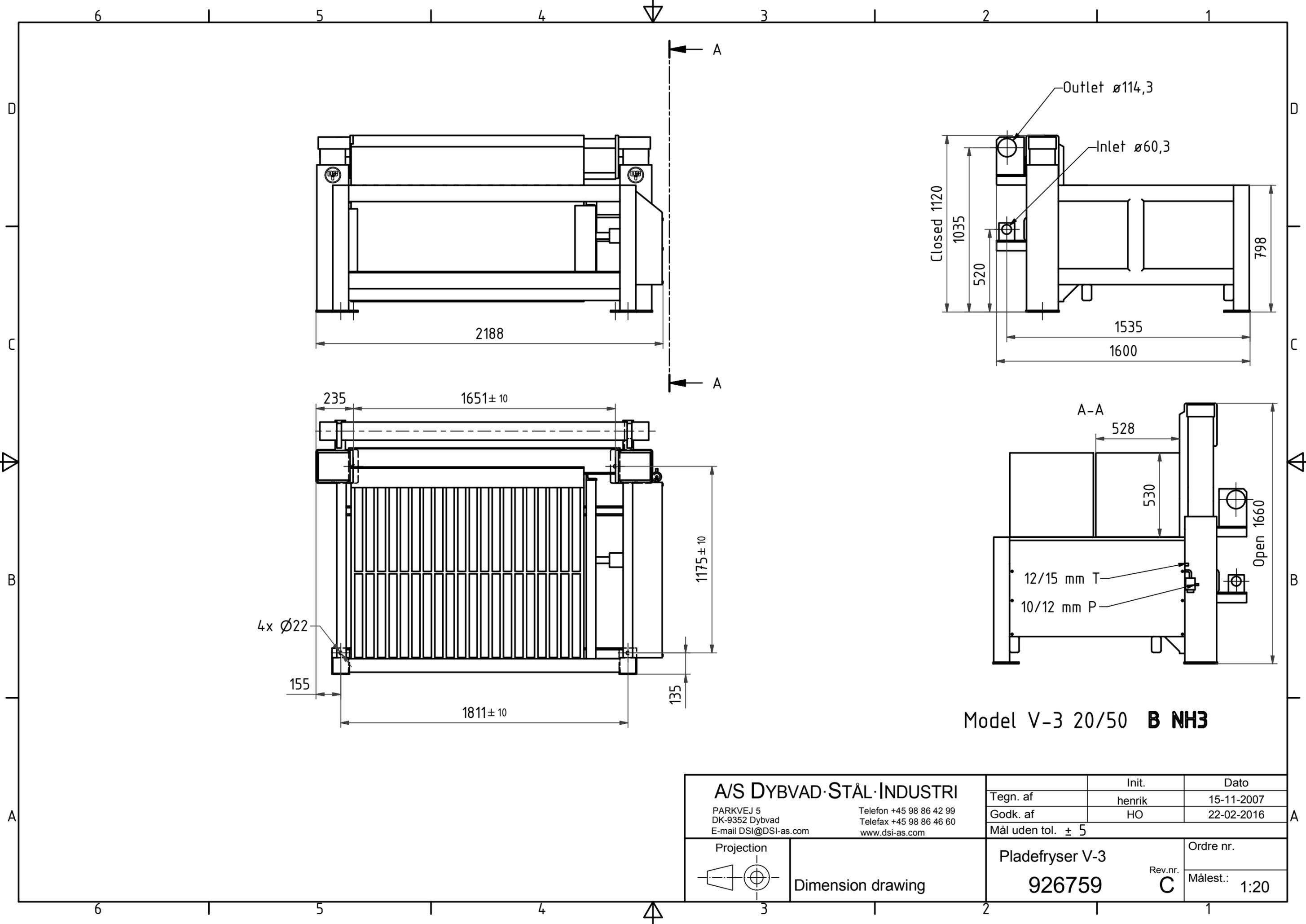
**CAMT-273-2-DG/221**

Rev.:

**0**

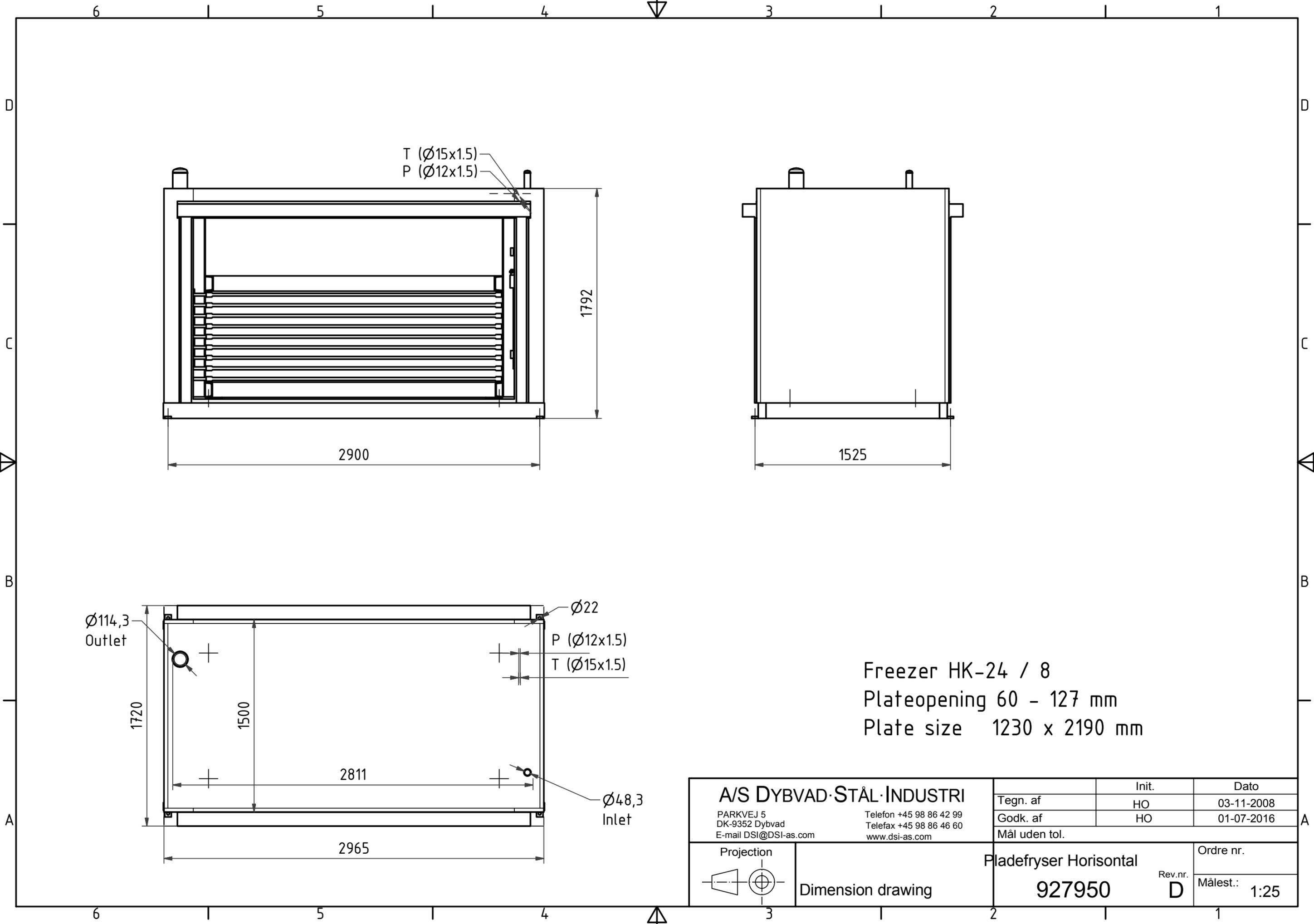
Page:

**Page 2 of 2**



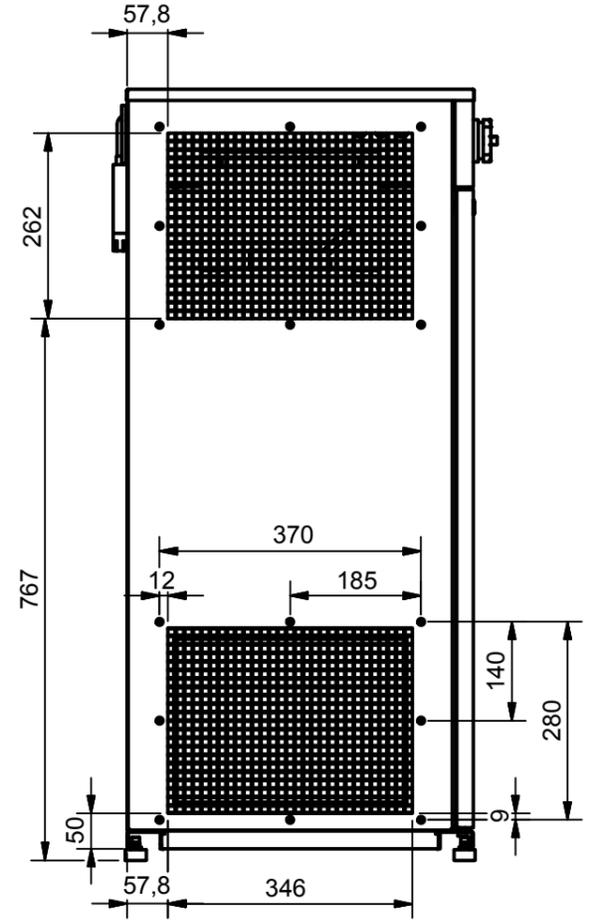
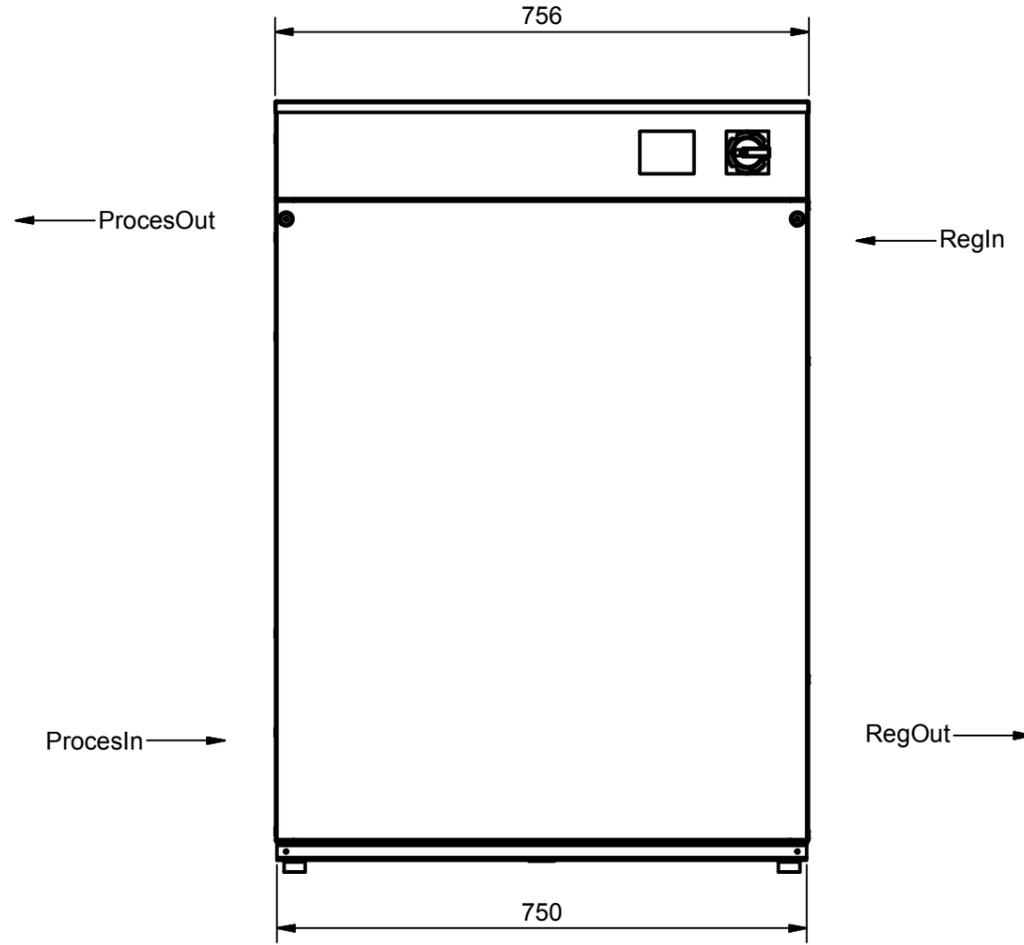
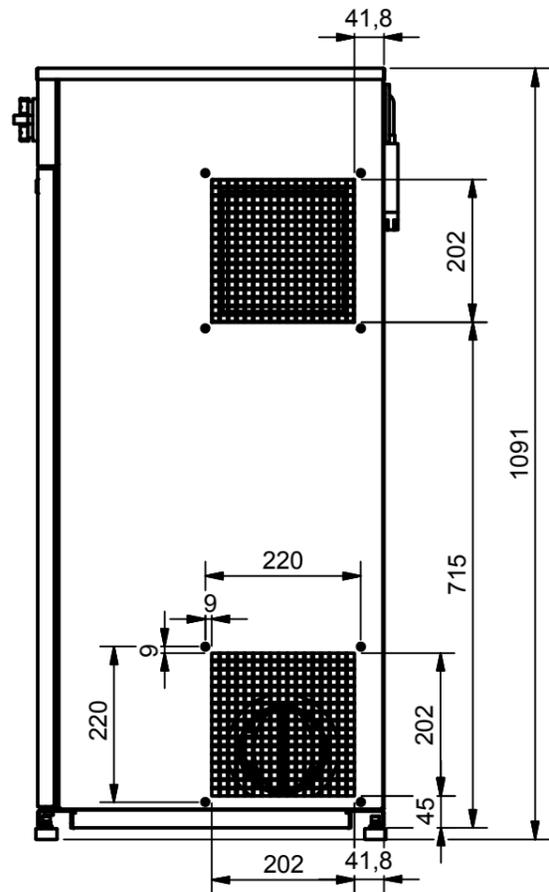
Model V-3 20/50 **B NH3**

<b>A/S DYBVAD · STÅL · INDUSTRI</b> PARKVEJ 5 DK-9352 Dybvad E-mail DSI@DSI-as.com Telefon +45 98 86 42 99 Telefax +45 98 86 46 60 www.dsi-as.com		Init.	Dato
		Tegn. af henrik	15-11-2007
Godk. af		HO	22-02-2016
Mål uden tol. ± 5			
Projection 	Dimension drawing	Pladefryser V-3	Ordre nr.
		926759	Målest.: 1:20
		Rev.nr. <b>C</b>	

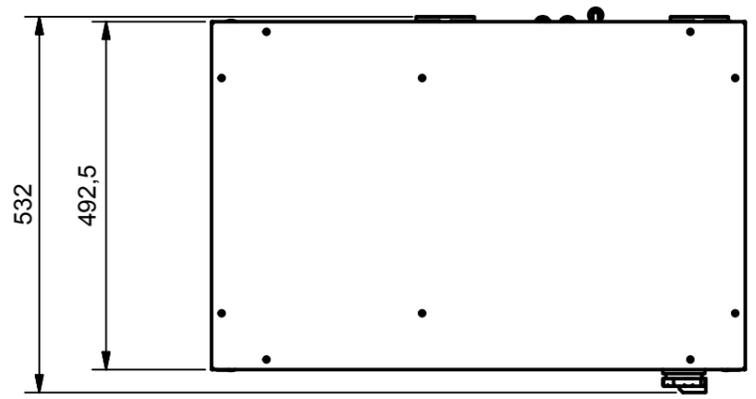
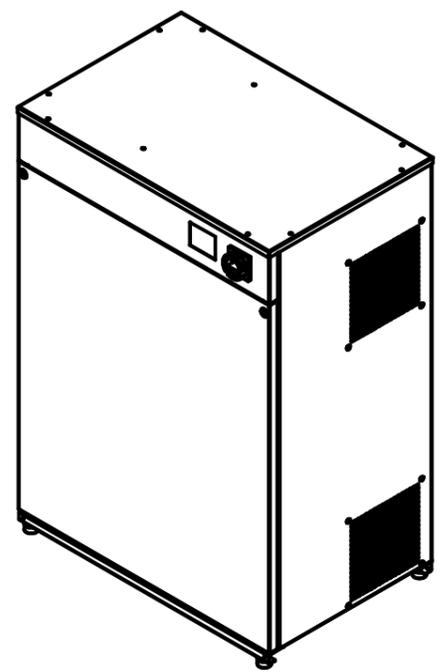


Freezer HK-24 / 8  
 Plateopening 60 - 127 mm  
 Plate size 1230 x 2190 mm

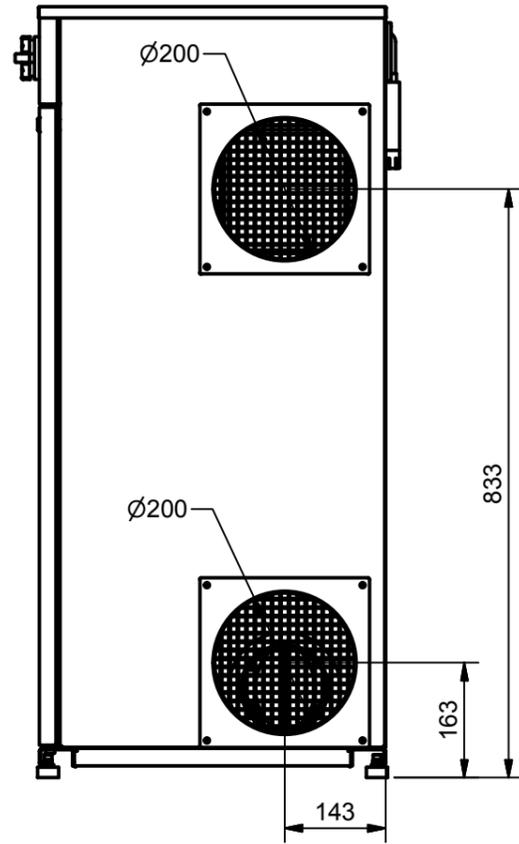
<b>A/S DYBVAD · STÅL · INDUSTRI</b> PARKVEJ 5 DK-9352 Dybvad E-mail DSI@DSI-as.com	Telefon +45 98 86 42 99 Telefax +45 98 86 46 60 www.dsi-as.com		Init.	Dato
	Tegn. af	HO	03-11-2008	
	Godk. af	HO	01-07-2016	
Mål uden tol.				
Projection 	Dimension drawing		Pladefryser Horizontal <b>927950</b>	Ordre nr. Målest.: 1:25
			Rev.nr. <b>D</b>	



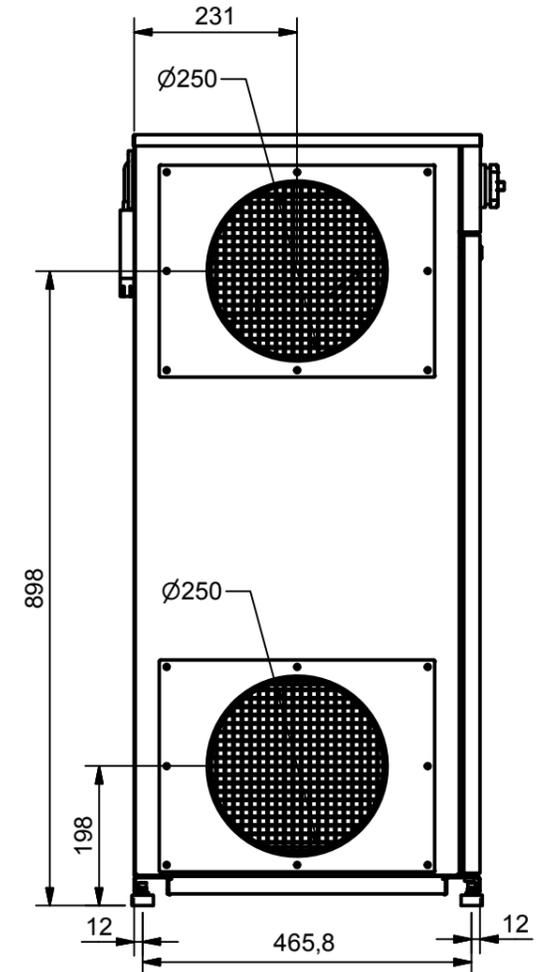
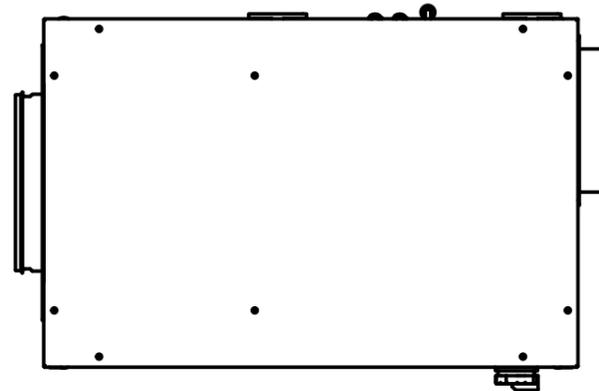
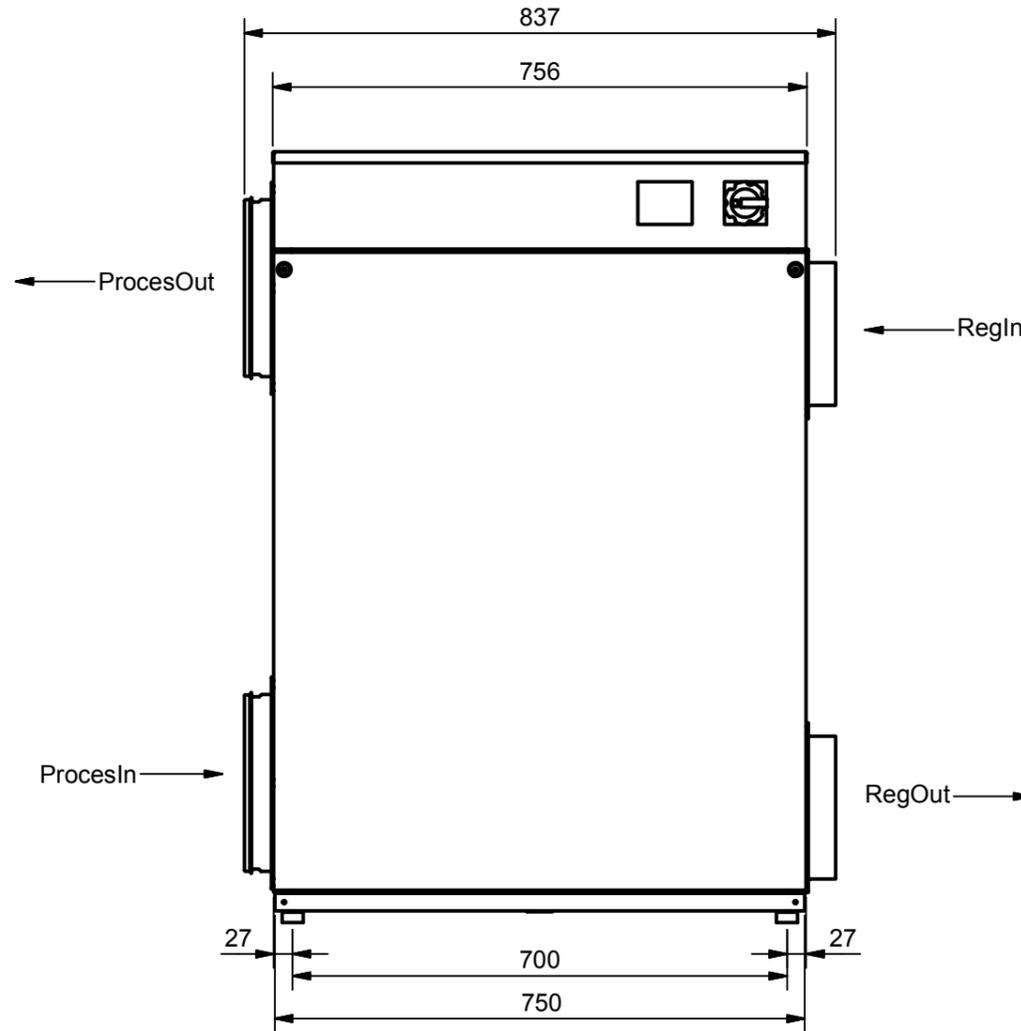
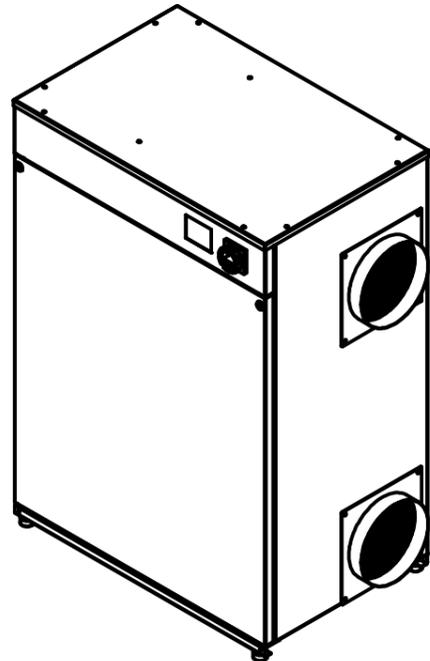
( 1 :15 )



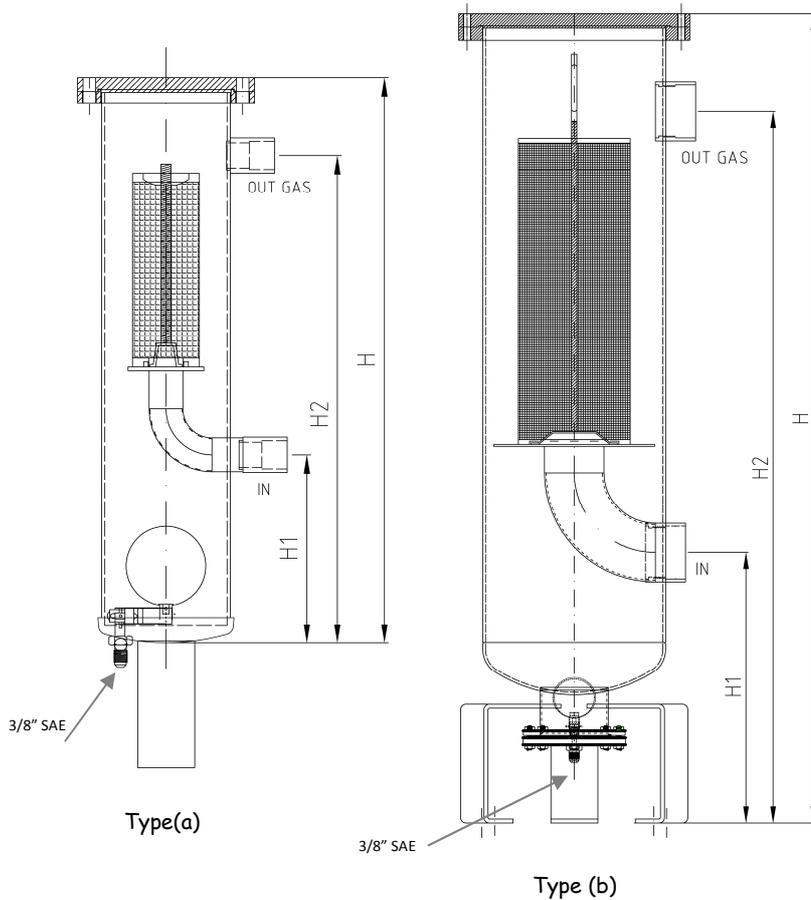
<b>COTES A/S</b> Industrivej 31A DK-4230 Skælskør +4558196322 info@cotes.dk	<b>COTES</b> C35E/C35D	Designed by: THO Checked by: BNI	Date: 10-06-2014 Date: 10-06-2014	Mass: 102-110kg	Scale: 1:10	Format: A3
		Material No.:		Drawing No.:		Sheet: 1
						Rev.



( 1 : 15 )



<b>COTES A/S</b> Industrivej 31A DK-4230 Skælskør +4558196322 info@cotes.dk	<b>COTES</b> C35E/C35D	Designed by: THO Checked by: BNI	Date: 10-06-2014 Date: 10-06-2014	Mass: 102-110kg	Scale: 1 : 10	Format: A3
		Material No.:		Drawing No.:		Sheet: 2
						Rev.



To difference of other oil separators, the efficiency of the Tecnac Coalescent Oil Separators, it does not depend on the speed. Therefore, oil separator TECNAC working (separating oil) to 99 % of efficiency when the load drop

All oil separator include replacement coalescent filter .

A diferencia de otros separadores de aceite, la eficacia de los separadores coalescentes Tecnac, no depende de la velocidad. Por consiguiente, el separador de aceite TECNAC continua funcionando (separando aceite) al 99% de eficacia cuando la carga disminuye. Todos los separadores se entregan con el filtro coalescente incorporado.

Filtro recambiable en todos los modelos

NH <sub>3</sub>	31 bar -10/120°C 10 bar -20/100°C	Type	Va (L)	Vt (L)	Dimensions Dimensiones (mm)				KW (T <sup>3</sup> cond. -3,88°C; supercalen.5,6°C; Subenfr. 0°C)		
					D	H	H1	H2	+40°C	-40°C	
CAT. I	SAC-1 –NH <sub>3</sub> 7/8"	89.008	a	1.5	3	102	450	150	388	48	7,4
CAT. I	SAC-2 –NH <sub>3</sub> 1 1/8"	89.009	a	1.6	4	102	550	150	485	87	12,5
CAT. I	SAC-3 –NH <sub>3</sub> 1 3/8"	89.010	a	1.6	4	102	550	150	485	130	19,8
CAT. II	SAC-4 –NH <sub>3</sub> 1 5/8"	89.011	b	3.5	13	159	860	295	770	225	35
CAT. II	SAC-5 –NH <sub>3</sub> 2 1/8"	89.012	b	3.5	13	159	860	295	765	310	47
CAT. I II	SAC-6 –NH <sub>3</sub> 2 5/8"	89.013	b	17.2	50	273	1222	408	1075	512	77
CAT. III	SAC-7 –NH <sub>3</sub> 3 1/8"	89.014	b	17.2	50	273	1222	408	1075	832	132

ALL THE MODELS ARE PAINTED IN BLACK  
TODOS LOS MODELOS SON PINTADOS EN NEGRO

Adjustable temperature controls for refrigeration applications.

**Features**

- Housing variants for top and front operation
- Flush mounted version
- Adjustable temperatures and differentials
- Range and differential pointer in units °C and °F
- Range and differential individually lockable by wire seal
- High rated SPDT contacts for all versions
- Captive terminal and cover screws
- Manual toggle for system checkout and override
- Vapour and x-ambient charges
- Sensor shapes for various applications
- Bellows heater for thermostats with vapour charge (not for frost monitors)
- Room thermostats with insulation console
- Versions with and without manual override

**Options**

- Gold plated contacts for electronic applications (PLC, low voltage/current)
- Factory set to customer specification
- Different types of mounting brackets
- Sensor bulb wells and capillary tube holders
- Special approvals

**Introduction**

The TS1 Series is ALCO's range of adjustable thermostats for application in refrigeration and heat pump systems.

In these systems, thermostats serve control and monitoring functions, such as space temperature control, high/low temperature alarming or defrost termination. By operating a set of electrical contacts, a temperature value is kept inside a certain limit.

Several housing variants and sensors are provided in order to suit a control to a specific application.

**Housing variants**

TS1 controls can be delivered in three main housing variants, top operated, front operated and flush mounted.

Top operated controls have adjustment spindles at the top and a display scale, indicating temperature setpoint and differential, at the front. A knob which may be permanently plugged onto one of the adjustment spindles comes with every control. Frost monitors and room thermostats are derivatives of top operated thermostats. They differ by their sensors and other features to suit their particular target applications.

Front operated controls have an adjustment knob at the front for the temperature setpoint with an approximate scale imprinted on



**TS1 Top Operated**



**TS1 Front Operated**



**TS1 Flush Mounted**

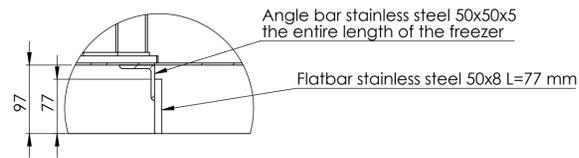
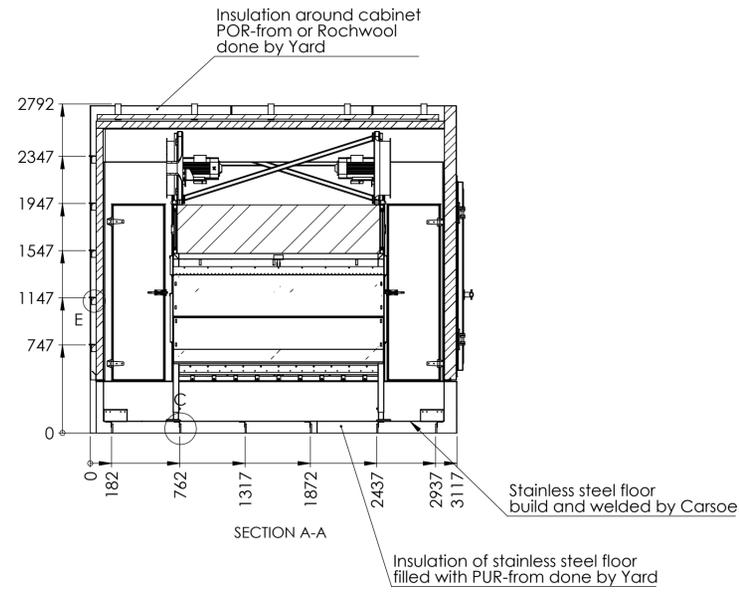
the knob. In order to adjust the temperature differential, the cover of the control must be removed.

Flush mounted controls are designed in a way that they can be integrated into a panel or housing, for example into display cases.

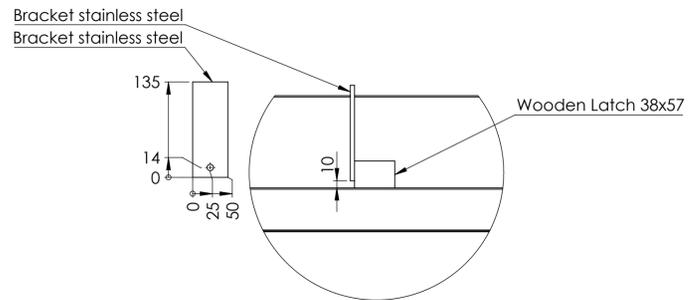
All of these three variants are available either with or without off-switch, which cuts off power supply to the thermostat in off position

**Temperature sensing**

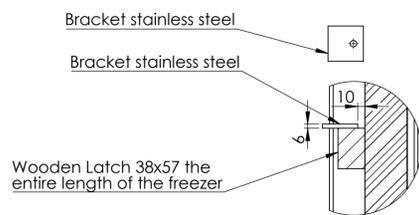
TS1 thermostats sense temperature by means of a thermal system, consisting of temperature charge, bulb, capillary and bellows. The temperature charge changes its pressure based on the refrigerant temperature to be sensed. The sensor is the portion of the system which is in thermal contact with the refrigerant, the capillary connects the sensor with the bellows and the bellows contracts or expands depending on the temperature, causing the thermostat to operate the electrical contacts. An exception are capillary type of sensors, which do not have a bulb, instead, their capillary serves as the bulb directly.



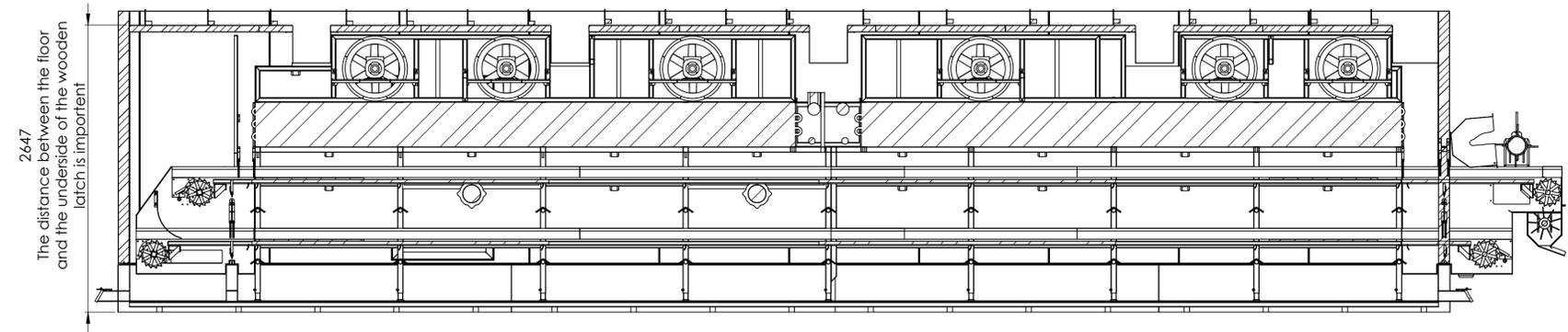
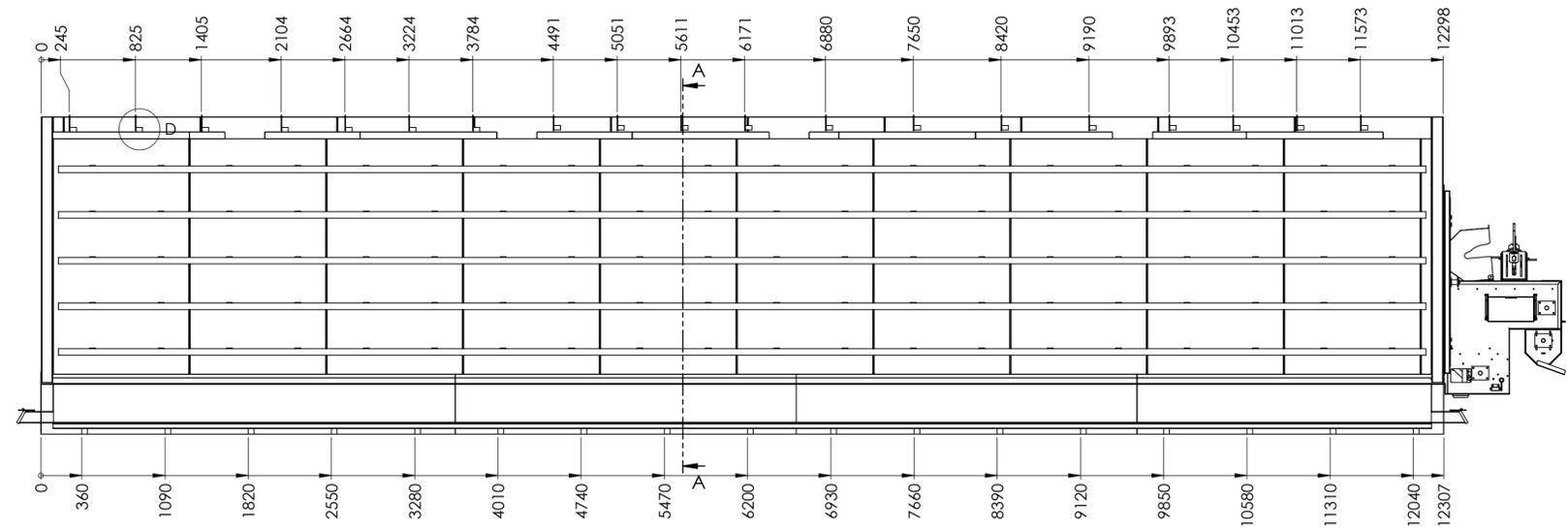
DETAIL C  
SCALE 1 : 5



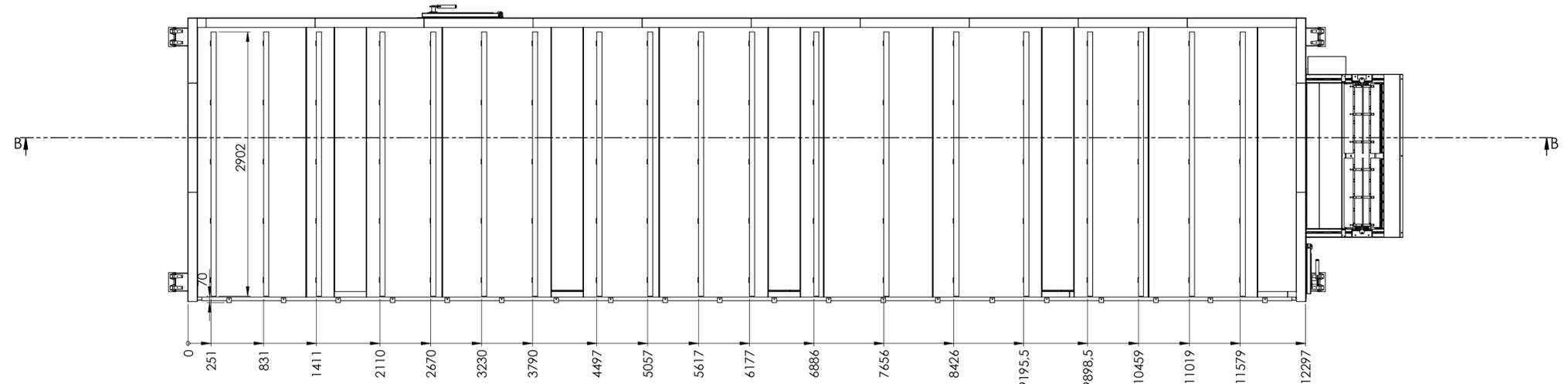
DETAIL D  
SCALE 1 : 5



DETAIL E  
SCALE 1 : 5



SECTION B-B



**Detail C: Angle bar and flatt bar build by Yard**  
**Detail D: Bracket and wooden latch build by Yard**  
**Detail E: Bracket and wooden latch build by Yard**

**Important: the angel bar and wooden latch must be placed  
 very accurate because it is the foundation og the freezer.**

	Material:	Drawn by: shi	IQF tunnel for clams SO-12910
	Thickness:	Category: 140993	
	Weight (kg): 78580.20	Drawn date: 02-11-2016	Assembled IQF - Frezer for Clams Convayer
	All dimensions are in mm. Unless otherwise specified tolerances according to ISO 2768-m	Rev.: C Scale: 1:30 Format: A1	File no.: 14099335055

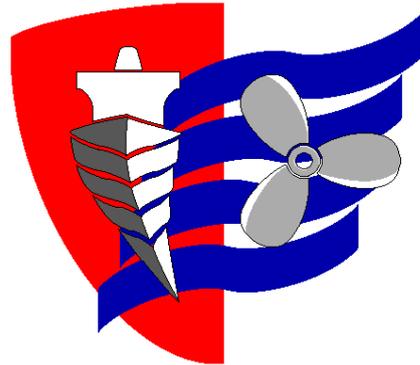
INDICADORES DE LIQUIDO Y HUMEDAD			DANFOSS
Código	Modelo	Conexión	Precio €
<b>CONEXIÓN ROSCAR SAE M</b>			
SGN-6	14-0161	1/4" ROSCAR	16,35
SGN-10	14-0162	3/8" ROSCAR	17,80
SGN-12	14-0163	1/2" ROSCAR	19,56
SGN-16	14-0165	5/8" ROSCAR	26,20
SGN-19	14-0166	3/4" ROSCAR	34,67
<b>CONEXIÓN ESPECIAL HEMBRA-MACHO</b>			
SGN-6 H-M	14-0171	1/4" HM	16,35
SGN-10 H-M	14-0172	3/8" HM	17,80
SGN-12 H-M	14-0173	1/2" HM	19,56
SGN-16 H-M	14-0174	5/8" HM	26,20
			34,67
<b>CONEXION SOLDAR CON TUBO COBRE</b>			
SGN-6 S	14-0181	1/4" SOLDAR	16,35
SGN-10 S	14-0182	3/8" SOLDAR	17,80
SGN-12 S	14-0183	1/2" SOLDAR	19,56
SGN-16 S	14-0184	5/8" SOLDAR	26,20
SGN-19 S	14-0185	3/4" SOLDAR	34,67
SGN-22 S	14-0186	7/8" SOLDAR	42,44



INDICADORES DE LIQUIDO Y HUMEDAD			CASTEL
Modelo	Conexión		Precio €
<b>CONEXIÓN ROSCAR SAE M</b>			
3710/22	1/4" ROSCAR		8,42
3710/33	3/8" ROSCAR		8,90
3710/44	1/2" ROSCAR		9,61
3710/55	5/8" ROSCAR		10,70
3710/66	3/4" ROSCAR		13,70
<b>CONEXIÓN SOLDAR CON TUBO COBRE</b>			
3740/2	1/4" SOLDAR		13,15
3740/3	3/8" SOLDAR		13,90
3740/4	1/2" SOLDAR		14,95
3740/5	5/8" SOLDAR		15,90
3740/6	3/4" SOLDAR		21,10
3740/7	7/8" SOLDAR		27,45
3740/9	1 1/8" SOLDAR		37,30
<b>CONEXION ESPECIAL HEMBRA – MACHO</b>			
3750/22	1/4" MACHO/HEMBRA		9,20
3750/33	3/8" MACHO/HEMBRA		9,61
3750/44	1/2" MACHO/HEMBRA		10,70
3750/55	5/8" MACHO/HEMBRA		13,65
3750/66	3/4" MACHO/HEMBRA		22,90
<b>CONEXION DIRECTA A TUBO</b>			
3780/5	5/8"		10,00
3780/7	7/8"		10,00
3780/9	1 1/8"		10,60
3780/11	1 3/8"		10,60



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



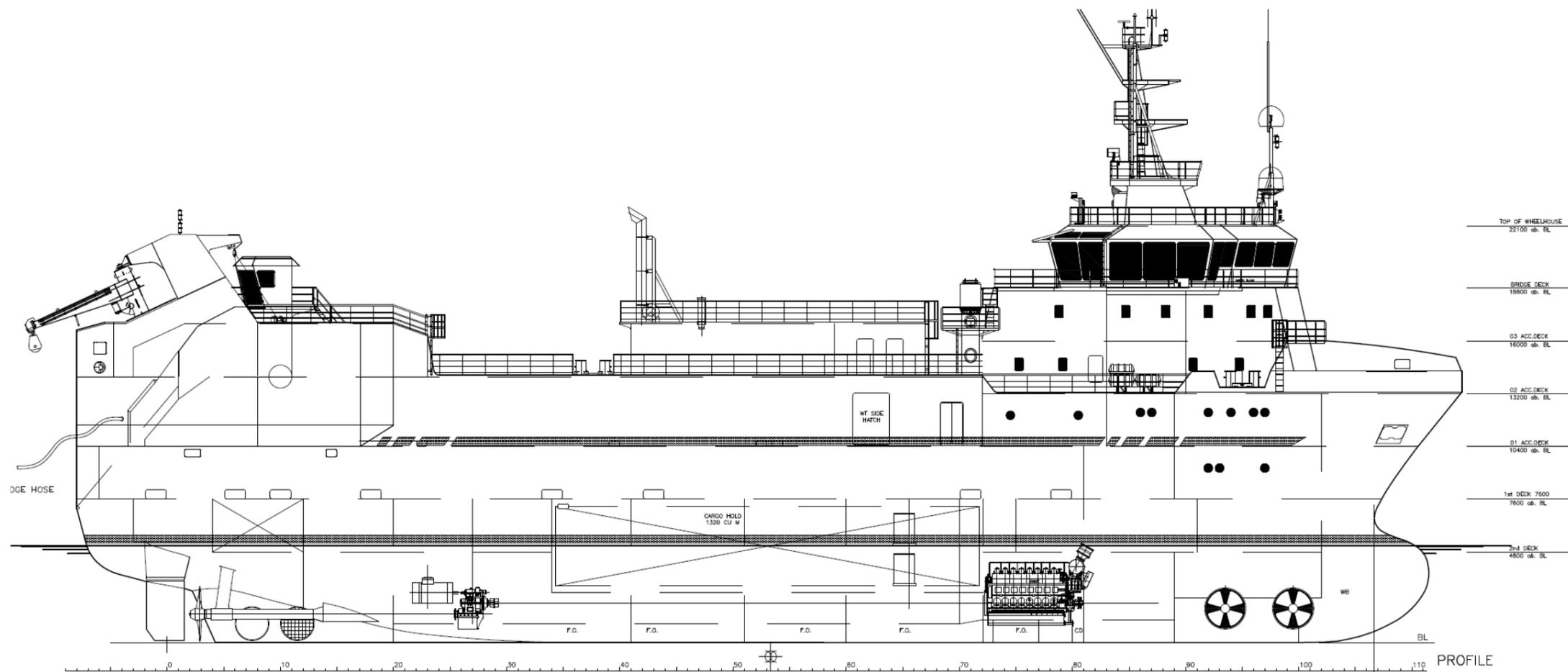
**PLANOS**

### 3. PLANOS

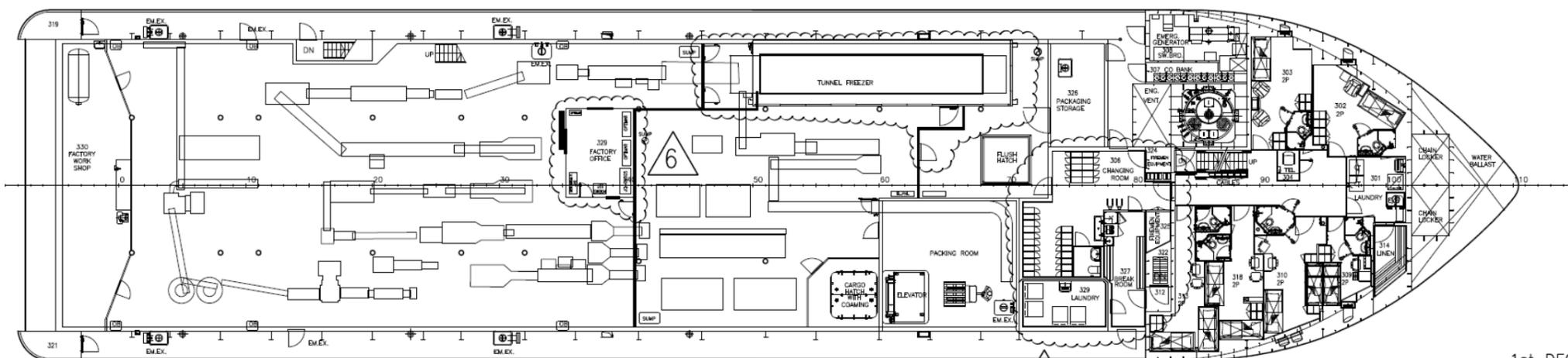
**Ref. 0001:** Disposición general

**Ref. 0002:** Disposición de tuberías

**Ref. 0003:** Disposición de evaporadores



PROFILE



1st DECK  
(12 PERSONS)

**PRINCIPAL PARTICULARS:**

LENGTH OVER ALL: appr. 73.40 m  
 LENGTH BETW. PERP.: 64.00 m  
 BREADTH MLD.: 16.60 m  
 DEPTH TO 1st DECK: 7.60 m  
 FRAME SPACING: 0.60 m  
 COMPLEMENT: 41  
 FISH HOLD VOLUME: 1320 m<sup>3</sup>

**E. T. S. DE NÁUTICA**

Sep- 2017

Nº PLANO

0001

Disposición General

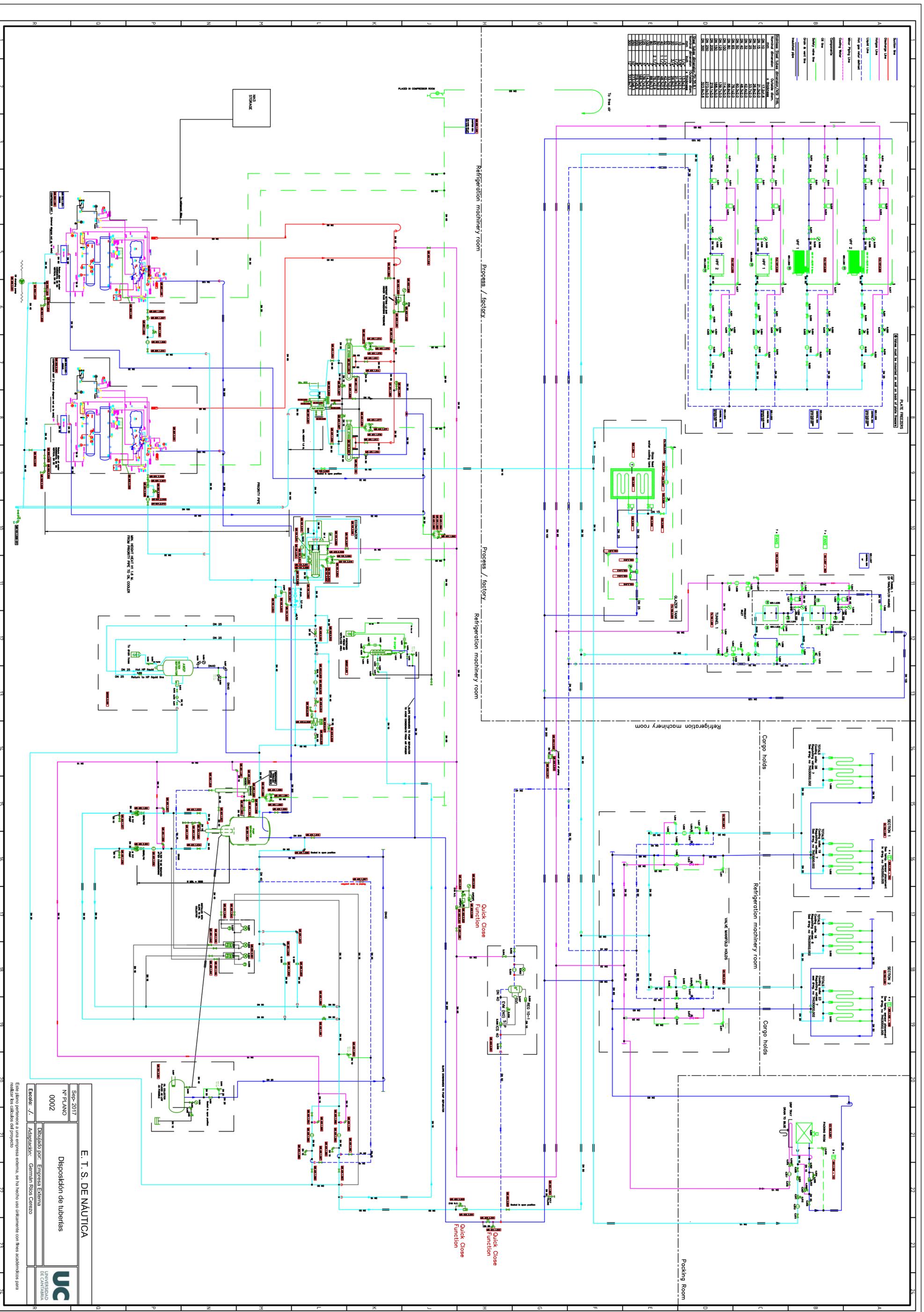
Dibujado por: Empresa Externa

Escala: ./.

Adaptación: Germán Ríos Cerezo

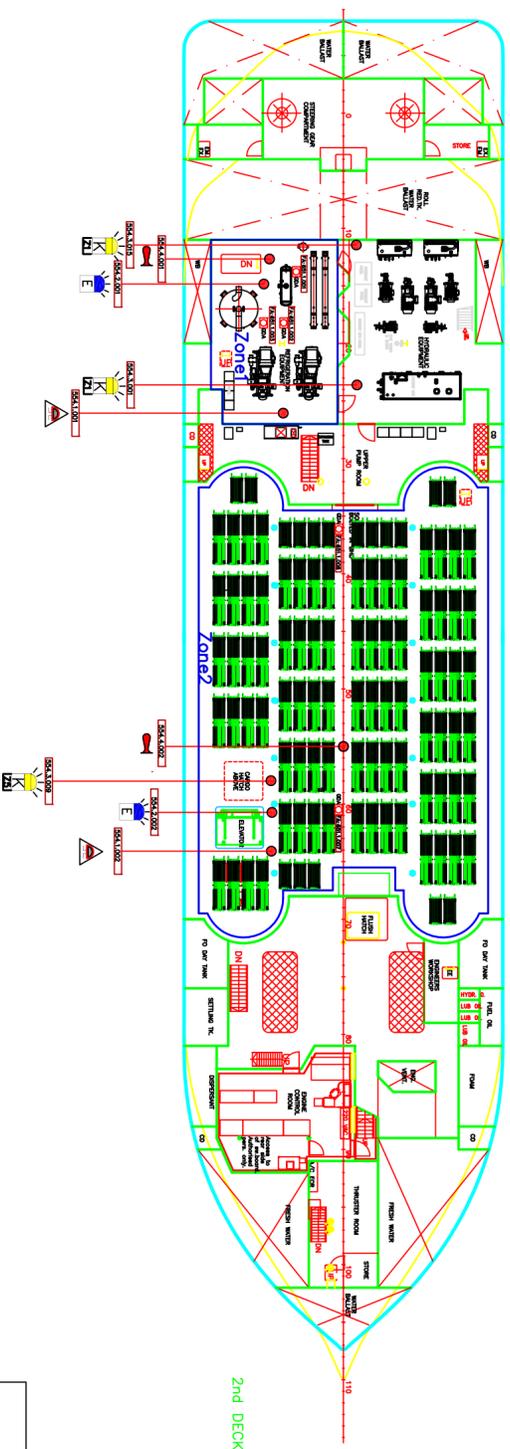
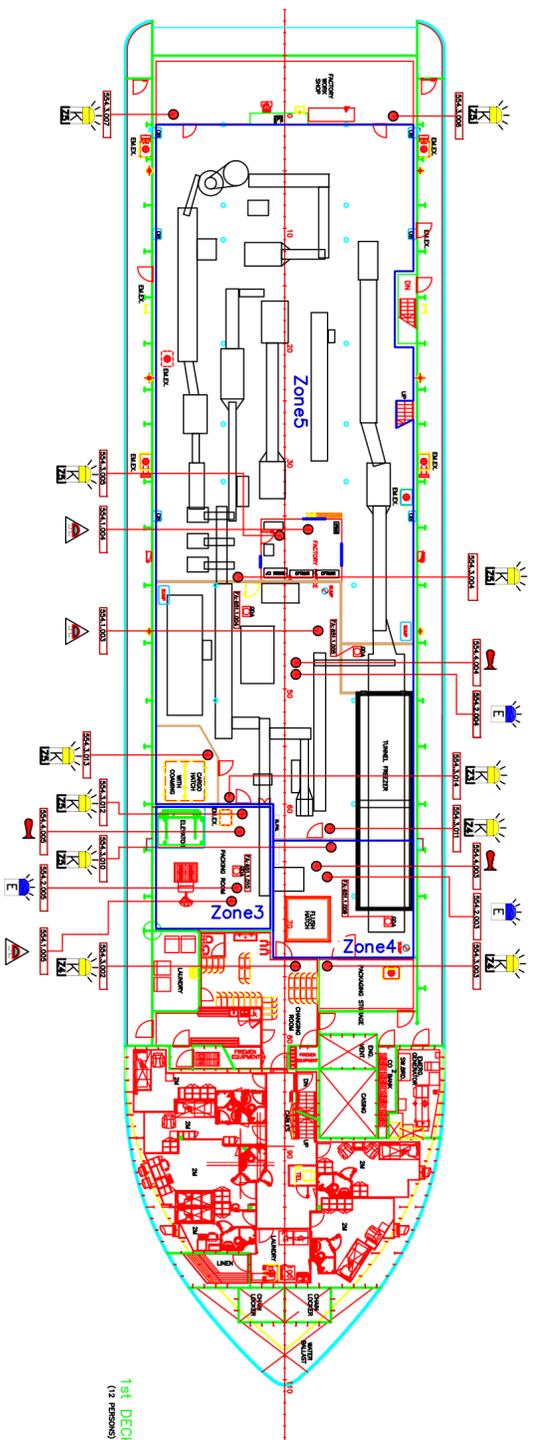
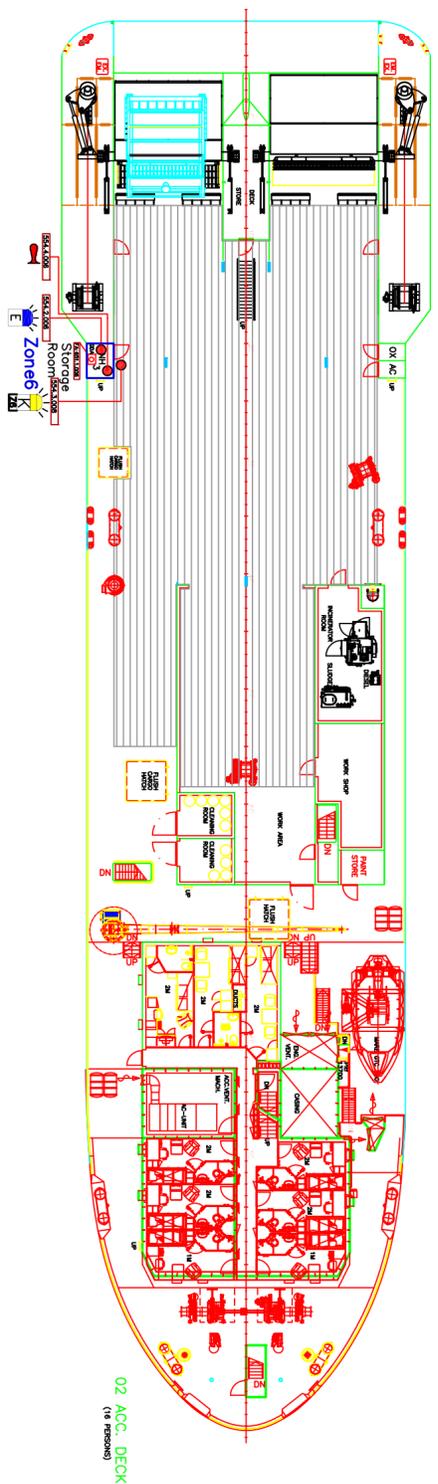


Este plano pertenece a una empresa externa, se ha hecho uso únicamente con fines académicos para realizar los cálculos del proyecto



ITEM	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT
1	CONDENSER	1	UNIT
2	EVAPORATOR	1	UNIT
3	EXPANSION VALVE	1	UNIT
4	COMPRESSOR	1	UNIT
5	PIPE (1/2")	100	FEET
6	PIPE (3/4")	50	FEET
7	PIPE (1")	20	FEET
8	PIPE (1 1/2")	10	FEET
9	PIPE (2")	5	FEET
10	PIPE (3")	2	FEET
11	PIPE (4")	1	FEET
12	PIPE (6")	1	FEET
13	PIPE (8")	1	FEET
14	PIPE (10")	1	FEET
15	PIPE (12")	1	FEET
16	PIPE (14")	1	FEET
17	PIPE (16")	1	FEET
18	PIPE (18")	1	FEET
19	PIPE (20")	1	FEET
20	PIPE (24")	1	FEET
21	PIPE (30")	1	FEET
22	PIPE (36")	1	FEET
23	PIPE (42")	1	FEET
24	PIPE (48")	1	FEET
25	PIPE (54")	1	FEET
26	PIPE (60")	1	FEET
27	PIPE (72")	1	FEET
28	PIPE (84")	1	FEET
29	PIPE (96")	1	FEET
30	PIPE (108")	1	FEET
31	PIPE (120")	1	FEET
32	PIPE (144")	1	FEET
33	PIPE (168")	1	FEET
34	PIPE (192")	1	FEET
35	PIPE (216")	1	FEET
36	PIPE (240")	1	FEET
37	PIPE (270")	1	FEET
38	PIPE (300")	1	FEET
39	PIPE (360")	1	FEET
40	PIPE (420")	1	FEET
41	PIPE (480")	1	FEET
42	PIPE (540")	1	FEET
43	PIPE (600")	1	FEET
44	PIPE (720")	1	FEET
45	PIPE (840")	1	FEET
46	PIPE (960")	1	FEET
47	PIPE (1080")	1	FEET
48	PIPE (1200")	1	FEET
49	PIPE (1440")	1	FEET
50	PIPE (1680")	1	FEET
51	PIPE (1920")	1	FEET
52	PIPE (2160")	1	FEET
53	PIPE (2400")	1	FEET
54	PIPE (2700")	1	FEET
55	PIPE (3000")	1	FEET
56	PIPE (3600")	1	FEET
57	PIPE (4200")	1	FEET
58	PIPE (4800")	1	FEET
59	PIPE (5400")	1	FEET
60	PIPE (6000")	1	FEET

E. T. S. DE NAUTICA  
 Disposición de tuberías  
 Nº PLANO  
 0002  
 Septiembre 2017  
 Diseñado por: Empresa Externa  
 Adaptación: Germán Ríos Cerizzo  
 Escalado: /  
 Universidad del Cauca



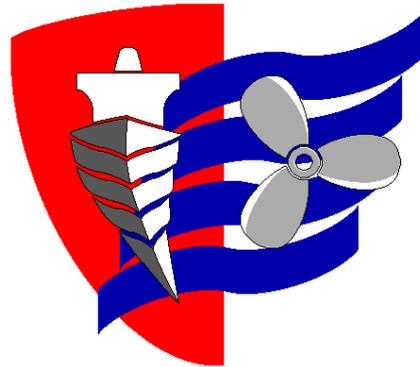
Zone	
1	Refrigeration Equipment room
2	Cargo hold
3	Packing room
4	Tunnel Outlet
5	Factory
6	NH3 storage room

- Gas Detector Ammonia (NH3)
- Emergency Stop (Quick close)
- Alarm Lamp (Keep out alarm)  
Fast Yellow Light
- Alarm Lamp (Evacuate)  
Flash Blue
- Audio Alarm

E. T. S. DE NÁUTICA		 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
Sep- 2017	Disposición evaporadores	
Nº PLANO 0003	Dibujado por: Empresa Externa	
Escidc: ./.	Adaptación: Germán Ríos Cerezo	

Este plano pertenece a una empresa externa, se ha hecho uso únicamente con fines académicos para realizar los cálculos del proyecto

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**PLIEGO DE CONDICIONES**

## 4. PLIEGO DE CONDICIONES

### 4.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN.

Este pliego de condiciones determina los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las instalaciones cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente proyecto.

#### 4.1.1. DISPOSICIONES GENERALES.

El instalador está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

##### 4.1.1.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.

Las instalaciones del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

Capítulo II-1: Construcción – estructura, estabilidad, instalaciones. Parte C, reglas 26, 27 y 33.

UNE 100171: 1989 IN, Climatización, aislamiento térmico. Materiales y colocación.

UNE - EN 378 – 1:2008, Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales. Parte 1: Requisitos básicos, definiciones, clasificación y criterios de elección.

##### 4.1.1.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El Instalador está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal.

El Director de astillero podrá exigir del Instalador, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

#### 4.1.2.CONDICIONES GENERALES

El Instalador deberá suministrar todos los equipos y materiales indicados en los Planos, de acuerdo al número, características, tipos y dimensiones definidos en las Mediciones y, eventualmente, en los cuadros de características de los Planos.

El Instalador suministrará los servicios de un Técnico competente que estará a cargo de la instalación y será el responsable ante la Dirección Facultativa o Dirección de Astillero, o la persona delegada, de la actuación de los técnicos y operarios que llevarán a cabo la labor de instalar, conectar, ajustar, arrancar y probar cada equipo, sub-sistema y el sistema en su totalidad hasta la recepción.

#### 4.1.3.PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN

A los quince días de la adjudicación de la obra y en primera aproximación, el Instalador deberá presentar los plazos de ejecución de al menos las siguientes partidas principales de la obra:

Planos definitivos, acopio de materiales y replanteo.

Montaje y pruebas parciales de las redes de alimentación de, electricidad y protección contra incendios.

Montaje de cuadros eléctricos, equipos de control, elementos de alumbrado y fuerza, sistemas contra incendios y de gestión de energía eléctrica.

Ajustes, puestas en marcha y pruebas finales.

La coordinación con otros instaladores correrá a cargo de la Dirección facultativa, o persona o entidad delegada por la misma.

#### 4.1.4.ACOPIO DE MATERIALES

De acuerdo con el plan de obra, el Instalador irá almacenando en lugar preestablecido todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.

#### 4.1.5.INSPECCIÓN Y MEDIDAS PREVIAS AL MONTAJE

Antes de comenzar los trabajos de montaje, el Instalador deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación, equipos, aparatos y conducciones.

#### 4.1.6.PLANOS, CATÁLOGOS Y MUESTRAS

Los Planos de Proyecto en ningún caso deben considerarse de carácter ejecutivo, sino solamente indicativo de la disposición general del sistema mecánico y del alcance del trabajo incluido en el Contrato.

Para la exacta situación de aparatos, equipos y conducciones el instalador deberá examinar atentamente los planos y detalles del Proyecto técnico de instalaciones.

El instalador deberá comprobar que la situación de los equipos y el trazado de las conducciones no interfieran con los elementos de otros instaladores. En caso de conflicto, la decisión de la Dirección facultativa será inapelable.

#### 4.1.7.PERIODOS DE GARANTÍA

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Instalador es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

#### 4.1.8. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de astillero y del representante del Instalador levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de astillero y el representante del Instalador y ratificada por el Contratante y el Instalador.

#### 4.1.9. RESCISIÓN DEL CONTRATO

Serán causas de rescisión del contrato la disolución, suspensión de pagos o quiebra del Instalador, así como embargo de los bienes destinados a la obra o utilizados en la misma.

#### 4.1.10. PRECIOS

El Instalador deberá presentar su oferta indicando los precios de cada uno de los Capítulos del documento "Presupuesto".

#### 4.1.11. PAGO DE OBRA

El pago de obras realizadas se hará a término de las mismas debido a la duración estimada de estas (unos 50 días). En caso de prolongarse estas por un periodo superior a 30 días, se abonarán las certificaciones mensuales de las mismas. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

### 4.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

#### 4.2.1. GENERALIDADES

El contratista se comprometerá a utilizar los materiales con las características y marcas que se especifican en el proyecto, si por alguna circunstancia el

contratista quisiera utilizar materiales o aparatos distintos a los especificados en el proyecto, éstos deberán de ser de características similares y necesitará tener la pertinente autorización del Ingeniero Director de astillero para poder utilizar estos nuevos materiales.

#### 4.2.2. INSTALACIONES FRIGORÍFICAS

##### 4.2.2.1. ACCESIBILIDAD

El Instalador hará conocer a la Dirección facultativa, con suficiente antelación, las necesidades de espacio y tiempo para la realización del montaje de sus materiales y equipos.

##### 4.2.2.2. COMPRESORES

Serán de diseño moderno, accionados mediante motor eléctrico. El arranque se realizará con los cilindros descargados. El engrase se efectuará por medio de un control de nivel de aceite, con protección mediante un presostato diferencial de aceite. Los compresores irán provistos de manómetro.

Dispondrán de presostato de alta y baja para regular la parada y marcha de los compresores y, en el caso que dicte la normativa, una válvula de seguridad en la descarga, que en caso de apertura de la misma descargue en la línea de baja presión. Las centrales dispondrán de separador y acumulador de aceite.

##### 4.2.2.3. CONDENSADOR

El condensador a instalar permitirá disipar el calor generado por la instalación, con la diferencia mínima de temperatura entre el medio refrigerante y el vapor a condensar especificado en la Memoria.

##### 4.2.2.4. EVAPORADORES

Los evaporadores tendrán la capacidad frigorífica suficiente para atender las necesidades del recinto a enfriar. Dispondrán de un sistema de desescarche con funcionamiento manual y automático mediante termostato que interrumpirá el desescarche cuando queden libres de hielo. Tendrán previsto

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: PLIEGO DE CONDICIONES	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 112/121

un eficaz sistema de recogida de agua de desescarche. En el caso de llevar ventiladores acoplados, éstos presentarán una protección mínima correspondiente a la proyección de gotas de agua.

#### 4.2.2.5. RECIPIENTE DE LÍQUIDO

El recipiente de líquido deberá ser distinto de cualquier otro elemento de la instalación. La capacidad del recipiente de refrigerante líquido perteneciente a una instalación frigorífica con múltiples evaporadores será, como mínimo, de 1,25 veces la capacidad del evaporador mayor. El recipiente deberá soportar la presión de timbre (es decir, la máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio) que no podrá ser inferior a la mínima de estanqueidad especificada en la Instrucción Complementaria MI-IF-010 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas. El recipiente de refrigerante líquido deberá cumplir las prescripciones del Reglamento de Aparatos a Presión.

#### 4.2.2.6. TUBERÍAS

Las tuberías deberán ser realizadas en tubo de cobre estirado, pulido y deshidratado, en el caso en que sea necesario puede realizarse un recocido. Las uniones se harán por soldadura fuerte pudiéndose recurrir a la soldadura blanda. En casos de tuberías de aspiración irán recubiertas mediante espuma elastómera con barrera anti-vapor para evitar condensaciones.

#### 4.2.2.7. ELEMENTOS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

Las válvulas de seccionamiento que se instalen deberán tener apoyos independientes de las tuberías, de resistencia y seguridad adecuadas. Las válvulas de seccionamiento deberán estar rotuladas o numeradas.

#### 4.2.2.8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El proyecto, construcción, montaje, verificación y utilización de las instalaciones eléctricas necesarias, se ajustarán a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

#### 4.2.2.9. SALA DE MÁQUINAS

La sala de máquinas deberá estar dotada de iluminación artificial adecuada. Deberá tener medios suficientes de ventilación al exterior, que podrá ser natural o forzada. Cualquier abertura o comunicación de una sala de máquinas con el resto del edificio al que pertenece estará dotada de puertas o ventanas debidamente ajustadas de modo que impida el paso de escapes de refrigerante.

#### 4.2.2.10. CÁMARAS

En el interior de toda cámara frigorífica, que pueda funcionar a temperatura bajo cero, y junto a su puerta, se dispondrá un hacha tipo bombero y una alarma lumínica - acústica. Todas las puertas isotermales llevarán dispositivos de cierre, que permitan su apertura tanto desde fuera como desde dentro, aunque desde el exterior se cierren con llave y candado.

#### 4.2.2.11. IDENTIFICACIÓN

Al final de la obra, todos los aparatos, equipos y cuadros eléctricos deberán marcarse con una chapa de identificación, sobre la cual se indicarán nombre y número del aparato.

#### 4.2.2.12. PRUEBAS

El Instalador pondrá a disposición todos los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, efectuadas según se indicará a continuación para las pruebas finales y, para las pruebas parciales, en otros capítulos de este pliego de condiciones.

#### 4.2.2.13. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD

Todo elemento del equipo frigorífico, incluidos los indicadores de nivel de líquido, que forme parte del circuito de refrigerante debe ser probado, antes de su puesta en marcha, a una presión igual o superior a la presión de trabajo, pero nunca inferior a la presión mínima de prueba de estanqueidad, que dependerá del refrigerante y equipo utilizado, temperatura máxima del ambiente a la que se encuentra cualquier parte del circuito frigorífico y según

pertenezca al sector de alta o baja presión de la instalación, sin que manifieste pérdida o escape alguno del fluido en la prueba.

#### 4.2.2.14. EJECUCIÓN

La prueba se efectuará una vez terminada la instalación en su emplazamiento, y es independiente del que prescribe el Reglamento de Equipos a Presión. Se exceptúan de ella los compresores, condensadores y evaporadores que ya hayan sido previamente probados en fábricas, así como los elementos de seguridad, manómetros y dispositivos de control.

#### 4.2.2.15. VERIFICACIONES

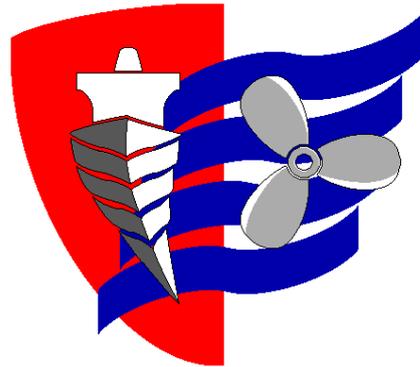
El director de la instalación verificará, con carácter obligatorio, los siguientes elementos:

Limitadores de presión (presostatos de seguridad o de alta presión).

Manómetros: Se verificarán comparándolos con un manómetro patrón y se comprobará que el tubo de conexión esté libre de obstrucciones.

Válvulas de seguridad: Se comprobará que corresponden al modelo y tipo relacionado en el proyecto, que van provistas del precinto del fabricante o instalador, y que se cumplen las prescripciones establecidas para estos elementos de seguridad en la Instrucción MIIF-009.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 116/121

## 5. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

### 5.1. PRESUPUESTO DESGLOSADO EN PARTIDAS

<b>Elementos principales de la instalación</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio total (€)</b>
<b>Compresor de tornillo SAB 151L</b>	2	50.000	100.000,00
<b>Motor eléctrico Schorch</b>	2	2.500	5.000,00
<b>Condensador COTB 274002</b>	2	7.150	14.300,00
<b>Válvula de parada</b>	1	6,70	6,70
<b>Válvula de drenaje</b>	1	7,50	7,50
<b>Economizador EOSE 051601</b>	1	5.600	5.600,00
<b>Túnel de congelación</b>	1	63.000	63.000,00
<b>Evaporadores bodega</b>	83	722	59.926,00
<b>Congelador de placas horizontal</b>	2	17.000	34.000,00
<b>Congelador de placas vertical</b>	1	15.000	15.000,00
<b>Bomba de agua del condensador</b>	1	700	700,00
<b>Válvulas termostáticas</b>	4	174,34	697,36
<b>Total elementos principales</b>			<b>298.237,56</b>
<b>Impuestos 21% I.V.A</b>			<b>62.629,89</b>
<b>Total (€)</b>			<b>360.867,45</b>

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 117/121

<b>Elementos auxiliares de la instalación</b>			
<b>Separador de aceite</b>	2	142	284,00
<b>Recipiente de líquido</b>	1	60,10	60,10
<b>Filtro deshidratador</b>	1	10,25	10,25
<b>Visores de líquido</b>	1	30	30,00
<b>Presostatos de alta</b>	2	41,23	82,46
<b>Presostatos de baja</b>	2	38,45	76,9
<b>Separador de líquido</b>	1	160	160,00
<b>Purgador de aire</b>	2	25,64	51,28
<b>Deshumificador</b>	1	3.423,23	3.423,23
<b>Bomba de circulación</b>	1	230,34	230,34
<b>Termostato</b>	6	46,18	277,08
<b>Sensores de temperatura</b>	23	120,32	2.767,36
<b>Válvula de retención</b>	2	150,24	300,48
<b>Válvula reguladora de agua de condensación</b>	2	115,34	230,68
<b>Válvula de retención</b>	2	14,25	28,5
<b>Válvula de seguridad</b>	2	86,28	172,56
<b>Válvula solenoide</b>	5	40,30	201,5

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 118/121

<b>Manómetro de alta</b>	2	8,20	16,4
<b>Manómetro de baja</b>	2	7,54	15,08
<b>Total elementos auxiliares</b>			8.418,2
<b>Impuestos 21% I.V.A.</b>			1.767,822
<b>Total (€)</b>			10.186,022
<b>Aislamiento y canalizaciones</b>			
<b>Elemento</b>	<b>m<sup>2</sup> y m</b>	<b>Precio unidad</b>	<b>m<sup>2</sup> Total (€)</b>
<b>Panel frigorífico "sándwich" 100 mm</b>	424,5 m <sup>2</sup>	30	12.735,00
<b>Puertas</b>	5 unidades	1250	6.250,00
<b>Tubería de líquido 3/8"</b>	15 m	4,8	72,00
<b>Tubería de líquido 1 1/4"</b>	32 m	5,74	183,68
<b>Tubería de líquido 1/2"</b>	25 m	8,32	208,00
<b>Total aislamiento y canalizaciones</b>			13.848,68
<b>Impuestos 21% I.V.A.</b>			2.908,22
<b>Total (€)</b>			16.756,90

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 119/121

<b>Mano de obra de la instalación</b>				
Elemento	Personas	Horas	Precio	Total (€)
<b>Ingeniero Técnico</b>	1	80	30	2.400,00
<b>Oficial de 1ra frigorista</b>	1	140	15,90	2.226,00
<b>Oficial de 2da frigorista</b>	1	180	11	1.980,00
<b>Oficial de 3ra frigorista</b>	5	240	8,50	2.040,00
<b>Puesta en marcha: Ingeniero</b>	1	50	60	3.000,00
<b>Operario de grúa</b>	1	16	35	560,00
<b>Total mano de obra de la instalación</b>				12.206
<b>Impuestos 21% I.V.A.</b>				2563,26
<b>Total (€)</b>				14.769,26

## 5.2. BALANCE FINAL DEL PRESUPUESTO

Secciones a presupuestar:	Importe
Elementos principales de la instalación	298.237,56€
Elementos auxiliares de la instalación	8.418,2€
Aislamiento y canalizaciones	13.848,68€
Mano de obra	12.206€
<b>Presupuesto de Ejecución del Material:</b>	<b>332.710,44€</b>

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLANTA DE FRÍO DE UN BUQUE PESQUERO	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 07/09/2017	
	REV: 00	PAG: 120/121

Concepto:	Importe
(10 % PEM) Gastos Generales, licencias y trámites	33.271,044 €
Honorarios del proyecto	5000 €
(21 % PEM) IVA	69.869,19€
<b>Presupuesto General para conocimiento del Cliente:</b>	<b>440.850,65€</b>

Asciende el Presupuesto General para conocimiento del Cliente a **440.850,65€**

### **Aviso responsabilidad UC**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”