

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

Curso: 2017-2018

Fecha: 17 de Julio de 2018

RESUMEN TRILINGÜE

El presente proyecto tiene como finalidad justificar y definir los elementos necesarios para la climatización de un puente de gobierno de un petrolero cuya zona de trabajo es el mar Mediterráneo. Para ello se incluye el cálculo, diseño, planos, selección y justificación de los elementos que forman la instalación, normativa aplicada, presupuesto, pliego de condiciones, estudio de seguridad y guía de mantenimiento.

Proiektu honek Mediterraneo itsasoan lan egiteko suposatuta dagoen itsasontzi baten zubiaren klimatizazioari buruz datza. Helburua instalaziorako beharrezkoak diren elementuak justifikatzea da. Horretarako beharrezkoak diren kalkuluak, arauak, elementuen aukeraketa, planoak, aurrekontua, mantentze gida, segurtasun ikerketa eta kondizioak gehitzen dira.

The purpose of this project is to specify the design and definition of the required elements for the air conditioning of a tanker wheelhouse that works in the Mediterranean sea. For that, the necessary calculations, plans, legislation, budget, maintenance guide, security study and the elements that make up the installation are included.

PALABRAS CLAVE

AIRE ACONDICIONADO
BUQUE
PUENTE DE GOBIERNO
REFRIGERANTE
COMPRESOR
CONDENSADOR
UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1.- MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN	Pag. 1
1.1 CICLO DE REFRIGERACIÓN.....	Pag. 1
1.2 AIRE ACONDICIONADO	Pag. 1
2. CONTEXTO	Pag. 5
2.1 DEFINICIÓN DE PSICROMETRÍA.....	Pag. 5
2.1.1 Introducción	Pag. 5
2.1.2 Propiedades termodinámicas del aire	Pag. 5
2.1.3 Estudio de la cantidad de vapor presente en el aire.....	Pag. 7
2.1.4 Parámetros para medición de humedad.....	Pag. 8
2.1.5 Aparatos psicométricos	Pag. 8
2.2 ESTUDIO DE REFRIGERANTES	Pag. 11
2.2.1 Introducción	Pag. 11
2.2.2 Clasificación.....	Pag. 12
2.2.2.1 Fluidos frigorígenos.....	Pag. 12
2.2.2.2 Fluidos frigoríferos	Pag. 12
2.2.2.3 Freones	Pag. 12
2.2.2.4 Mezcla azeotrópica.....	Pag. 13
2.2.2.5 Mezcla zeotrópica	Pag. 13
2.2.3 Refrigerante ideal	Pag. 14
2.2.3.1 Propiedades del refrigerante ideal	Pag. 14
2.2.3.2 Características termodinámicas	Pag. 15
2.2.4 Sustancias agotadoras de la capa de ozono.....	Pag. 17
2.2.5 Implicaciones en el planeta.....	Pag. 19
2.2.6 Implicaciones medioambientales de los refrigerantes	Pag. 20
2.2.6.1 Introducción.....	Pag. 20
2.2.6.2 Convenio de Viena	Pag. 20
2.2.6.3 Protocolo de Montreal.....	Pag. 21
3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO.....	Pag. 22
3.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO	Pag. 22
3.2 ALCANCE DEL TRABAJO	Pag. 22
4. DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE.....	Pag. 23
4.1 DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS	Pag. 23
4.2 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE	Pag. 24
5. ANALISIS DE RIESGOS	Pag. 26
5.1 FINALIDAD DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD.....	Pag. 26
5.2 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	Pag. 26
5.2.1 Lucha contra incendios.....	Pag. 26
5.2.2 Ventilación de los lugares de trabajo.....	Pag. 26
5.2.3 Temperatura de los locales	Pag. 26
5.2.4 Iluminación de los lugares de trabajo.....	Pag. 26
5.2.5 Suelos, mamparos y techos	Pag. 26

5.2.6 Puertas	Pag. 26
5.2.7 Ruido	Pag. 27
5.2.8 Instalación mecánica y eléctrica	Pag. 27
5.3 MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	Pag. 27
5.3.1 Compresores.....	Pag. 27
5.3.2 Condensadores	Pag. 28
5.3.3 Unidad de tratamiento de aire.....	Pag. 29
5.3.4 Conductos de aire.....	Pag. 30
5.3.5 Bombas hidráulicas.....	Pag. 30
5.3.6 Tuberías y válvulas.....	Pag. 31
5.3.7 Trabajos en altura	Pag. 31
5.3.8 Trabajos en solitario	Pag. 32
5.3.9 Espacios confinados	Pag. 32
5.4 SEGURIDAD A LA HORA DE SOLDAR.....	Pag. 33
5.4.1 Protección personal.....	Pag. 33
6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	Pag. 34
6.1 RESUMEN DE LA INSTALACIÓN	Pag. 34
6.2 ESPECIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	Pag. 34
6.2.1 Planta frigorífica	Pag. 34
6.2.2 Climatizador	Pag. 35
6.2.2.1 Características Constructivas:	Pag. 36
6.2.2.2 Sección entrada y mezcla de aire.....	Pag. 36
6.2.2.3 Sección de Filtros.....	Pag. 36
6.2.2.4 Sección de refrigeración	Pag. 37
6.2.2.5 Sección de calefacción.....	Pag. 37
6.2.2.6 Sección de Ventilación.....	Pag. 37
6.3 SISTEMA VENTILACIÓN Y DIFUSIÓN DE AIRE.....	Pag. 37
6.3.1 Conductos de impulsión y retorno de aire acondicionado	Pag. 37

DOCUMENTO 2.- METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO

1 DESCRIPCIÓN DE TAREAS Y FASES DEL PROYECTO	Pag. 39
1.1 TAREAS Y FASES DEL PROYECTO	Pag. 39
2. DIAGRAMA DE GANTT.....	Pag. 40
3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	Pag. 41
3.1 CÁLCULOS TÉRMICOS.....	Pag. 41
3.1.1 Condiciones tergo higrométricas.....	Pag. 41
3.1.1.1 Condiciones de invierno.....	Pag. 41
3.1.1.2 Condiciones de verano.....	Pag. 41
3.1.2 Cálculo de áreas.....	Pag. 42
3.1.3 Cálculo del caudal de aire a tratar.....	Pag. 43
3.1.4 Cálculo del caudal másico	Pag. 43
3.1.5 Cálculo de refrigeración	Pag. 43
3.1.5.1 Cálculo de flujo de calor transmitido por cerramientos Q_A	Pag. 43
3.1.5.2 Cálculo de Q_1 potencia calorífica entre techo y sobrepunte.....	Pag. 44
3.1.5.3 Cálculo de Q_2 potencia calorífica entre el suelo y la cubierta inferior	Pag. 44
3.1.5.4 Cálculo de Q_3 potencia calorífica entre la pared y el exterior	Pag. 44
3.1.5.5 Cálculo de Q_4 potencia calorífica entre las ventanas y el exterior	Pag. 44
3.1.5.6 Cálculo de Q_5 potencia calorífica entre las puertas y el exterior	Pag. 44
3.1.5.7 Cálculo de Q_6 potencia calorífica entre marcos de ventanas y el exterior	Pag. 44
3.1.5.8 Cálculo de Q_a cerramientos.....	Pag. 45

3.1.5.9	Calculo de las perdidas por renovaciones de aire Q_B	Pag. 45
3.1.5.10	Cálculo de calor desprendido por aparatos electrónicos e iluminación	Pag. 45
3.1.5.11	Cálculo de la potencia de frio total	Pag. 45
3.1.6	Cálculo de calefacción	Pag. 46
3.1.6.1	Cálculo de flujo de calor transmitido por cerramientos Q_A	Pag. 46
3.1.6.2	Cálculo de Q1 potencia calorífica entre techo y sobrepunte	Pag. 46
3.1.6.3	Cálculo de Q2 potencia calorífica entre el suelo y la cubierta inferior	Pag. 46
3.1.6.4	Cálculo de Q3 potencia calorífica entre la pared y el exterior	Pag. 46
3.1.6.5	Cálculo de Q4 potencia calorífica entre las ventanas y el exterior	Pag. 46
3.1.6.6	Cálculo de Q5 potencia calorífica entre las puertas y el exterior	Pag. 46
3.1.6.7	Cálculo de Q6 potencia calorífica entre marcos de ventanas y el exterior	Pag. 46
3.1.6.8	Cálculo de Q_a cerramientos.....	Pag. 46
3.1.6.9	Cálculo de las perdidas por renovaciones de aire Q_B	Pag. 47
3.1.6.10	Cálculo de la potencia de calefacción total	Pag. 47
3.2	CÁLCULO DEL COMPRESOR	Pag. 47
3.2.1	Introducción	Pag. 47
3.2.2	Descripción compresores alternativos de pistón	Pag. 48
3.2.2	Cálculo	Pag. 49
3.3	CÁLCULO DE TUBERÍAS	Pag. 49
3.3.1	Velocidades de circulación	Pag. 49
3.3.2	Cálculo	Pag. 50
3.3.2.1	Línea de liquido	Pag. 50
3.3.2.2	Línea de aspiración	Pag. 50
3.3.2.3	Línea de descarga	Pag. 51
3.4	CÁLCULO DE VÁLVULA DE EXPANSIÓN	Pag. 52
3.4.1	Definición	Pag. 52
3.4.2	Funcionamiento.....	Pag. 52
3.4.3	Cálculo	Pag. 53
3.5	CÁLCULO DE CONDUCTOS.....	Pag. 54
3.5.1	Método de cálculo	Pag. 56
3.5.2	Conductos de impulsión.....	Pag. 56
3.5.3	Conductos de retorno	Pag. 60
3.5.4	Conductos de extracción.....	Pag. 60
3.6	CÁLCULO DEL CONDENSADOR	Pag. 60
3.6.1	Definición de condensador	Pag. 60
3.6.2	Condensadores enfriados por agua	Pag. 60
3.6.3	Cálculo	Pag. 62
4.	SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	Pag. 64
4.1	SELECCIÓN DEL COMPRESOR	Pag. 64
4.2	SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO	Pag. 65
4.3	SELECCIÓN DEL CLIMATIZADORA	Pag. 67
4.4	SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN	Pag. 71
4.5	SELECCIÓN DEL CONDENSADOR.....	Pag. 72
4.6	SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA	Pag. 72
4.7	SELECCIÓN DEL SEPARADOR DE ACEITE.....	Pag. 73

DOCUMENTO 3.- ASPECTOS ECONÓMICOS

1	MATERIALES	Pag. 75
1.1	UNIDAD CONDENSADORA	Pag. 75
1.2	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE	Pag. 76
1.3	VÁLVULAS Y ACCESORIOS.....	Pag. 77

1.4 BOMBA DE AGUA.....	Pag. 78
1.5 TUBERÍAS Y CONDUCTOS.....	Pag. 79
1.6 CUADRO ELÉCTRICO.....	Pag. 81
1.7 OTROS.....	Pag. 81
2. MANO DE OBRA	Pag. 82
2.1 TARIFAS DEL PERSONAL NECESARIO.....	Pag. 82
2.2 NUMERO DE HORAS DEL PERSONAL	Pag. 82
2.3 CÁLCULO DEL VALOR DE LA MANO DE OBRA	Pag. 82
3.CÁLCULO DEL COSTE TOTAL	Pag. 83
3.1 MATERIALES.....	Pag. 83
3.2 MANO DE OBRA	Pag. 83
3.3 PRESUPUESTO TOTAL	Pag. 83

DOCUMENTO 4.- CONCLUSIONES

CONCLUSIONES	Pag. 84
--------------------	---------

DOCUMENTO 5.- BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.....	Pag. 85
-------------------	---------

ANEXO I.- PLIEGO DE CONDICIONES. NORMATIVA APLICABLE

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	Pag. 87
1.1 CONDICIONES GENERALES	Pag. 87
1.2 REGLAMENTOS Y NORMAS	Pag. 87
1.3 MATERIALES.....	Pag. 87
1.4 RECEPCIÓN DEL MATERIAL.....	Pag. 87
1.5 ORGANIZACIÓN	Pag. 88
1.6 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	Pag. 88
1.6.1 Comprobación del replanteo.....	Pag. 88
1.6.2 Programa de trabajo	Pag. 88
1.6.3 Comienzo	Pag. 88
1.6.4 Plazo de ejecución	Pag. 89
1.7 INTERPRETACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO	Pag. 89
1.8 VARIACIONES DEL PROYECTO	Pag. 89
1.9 OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	Pag. 89
1.10 MODIFICACIONES	Pag. 89
1.11 OBRA DEFECTUOSA	Pag. 89
1.12 MEDIOS AUXILIARES	Pag. 90
1.13 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS	Pag. 90
1.14 SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS.....	Pag. 90
1.15 RECEPCIÓN DE LAS OBRAS	Pag. 90
1.15.1 Recepción provisional	Pag. 90
1.15.2 Plazo de garantía.....	Pag. 90
1.15.3 Recepción definitiva	Pag. 90
1.16 Contratación de la empresa encargada de la obra	Pag. 91
1.17 CONTRATO	Pag. 91
1.18 RESPONSABILIDADES.....	Pag. 91
1.19 RESCISIÓN DEL CONTRATO.....	Pag. 91

2. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS	Pag. 92
2.1 MEDICIONES Y VALORACIONES DE LAS OBRAS	Pag. 92
2.2 ABONO DE LAS OBRAS	Pag. 92
2.3 PRECIOS	Pag. 92
2.4 REVISIÓN DE PRECIOS	Pag. 92
2.5 PRECIOS CONTRADICTORIOS	Pag. 92
2.6 PENALIZACIONES POR RETRASOS.....	Pag. 92
2.7 LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO	Pag. 93
2.8 FIANZA.....	Pag. 93
2.9 GASTOS POR CUENTA DE LA EMPRESA ENCARGADA DE LA OBRA	Pag. 93
2.10 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA	Pag. 93
2.11 MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	Pag. 93
2.12 RESPONSABILIDAD POR DAÑOS.....	Pag. 93
2.13 DEMORAS.....	Pag. 93
3. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS	Pag. 95
3.1 NORMAS A SEGUIR.....	Pag. 95
3.2 PERSONAL.....	Pag. 95
3.3 CONDICIONES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	Pag. 95
3.4 ADMISIÓN Y RETIRADA DE MATERIALES.....	Pag. 95
3.5 RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS PREVIOS.....	Pag. 96
3.5.1 Carga y almacenamiento de refrigerante	Pag. 96
3.5.2 Pruebas y verificaciones	Pag. 96
3.5.2.1 Pruebas de estanqueidad	Pag. 96
5. NORMATIVA APLICADA	Pag. 98
5.1 CONVENIOS, NORMAS UNE Y RD.....	Pag. 98
5.2 INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS	Pag. 98
5.3 ESTÁNDARES ISO	Pag. 99

ANEXO II.- PLANOS

PLANO Nº1. DISPOSICIÓN GENERAL DEL PUENTE DE GOBIERNO
PLANO Nº2. ESQUEMA FRIGORÍFICO DE LA INSTALACIÓN
PLANO Nº3. DISPOSICIÓN DE CONDUCTOS EN EL PUENTE DE GOBIERNO
PLANO Nº4. BANCADA DE LA UNIDAD CONDENSADORA
PLANO Nº5. DIMENSIONES DEL COMPRESOR
PLANO Nº6. DIMENSIONES DEL CONDENSADOR
PLANO Nº7. SOBREPUNTE CON UTA
PLANO Nº8. DIMENSIONES DE LA UTA
PLANO Nº9. DIMENSIONES MOTOR ELÉCTRICO
PLANO Nº10. ESQUEMA ELÉCTRICO FUERZA I
PLANO Nº11. ESQUEMA ELÉCTRICO FUERZA II
PLANO Nº12. ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA I
PLANO Nº13. ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA II
PLANO Nº14. ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA III

ANEXO III.- MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

1 OPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	Pag. 101
1.1 PUESTA EN MARCHA.....	Pag. 101
1.2 PARADA DE LA PLANTA	Pag. 102
1.3 CARGA DE REFRIGERANTE	Pag. 102
1.4 REVISIÓN DE FUGAS	Pag. 103
1.5 LUBRICACIÓN.....	Pag. 103
1.5.1 Propiedades de los aceites.....	Pag. 104
1.5.2 Características	Pag. 104
1.5.3 Cambio de aceite.....	Pag. 105
1.5.4 Carga de aceite	Pag. 106
2. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	Pag. 107
2.1 REVISIONES PERIÓDICAS.....	Pag. 107
2.2 COMPROBACIÓN DE CONTROLES Y ALARMAS	Pag. 107
2.2.1 Presostato de alta y alarma	Pag. 107
2.2.2 Presostato diferencial de aceite	Pag. 108
2.2.3 Termostatos de alarmas	Pag. 108
2.3 AVERÍAS	Pag. 108

LISTA DE TABLAS

DOCUMENTO 1.- MEMORIA

2.1 Parámetros y ecuaciones	Pag. 6
2.2 Refrigerantes más corrientes y sus sustituyentes	Pag. 13
2.3 Colores de recipientes de distintos refrigerantes	Pag. 13
2.4 Propiedades de distintos refrigerantes	Pag. 14
2.5 Principales CFCs.....	Pag. 17
2.6 Principales halones.....	Pag. 18
2.7 Potencial de agotamiento y cal.global de distintos refrigerantes	Pag. 19
4.1 Condiciones externas de invierno	Pag. 23
4.2 Condiciones internas de invierno.....	Pag. 23
4.3 Condiciones externas de verano.....	Pag. 23
4.4 Condiciones internas de verano	Pag. 24
4.5 Coeficientes de transferencia de calor por convección	Pag. 24
5.1 Compresores	Pag. 28
5.2 Condensadores	Pag. 28
5.3 UTA.....	Pag. 29
5.4 Conductos de aire	Pag. 30
5.5 Bombas hidráulicas	Pag. 30
5.6 Tuberías y válvulas	Pag. 31
5.7 Trabajos en altura.....	Pag. 31

5.8 Trabajos en solitario Pag. 32
5.9 Espacios confinados Pag. 32

DOCUMENTO 2.- METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Condiciones externas de invierno Pag. 41
3.2 Condiciones internas de invierno Pag. 41
3.3 Condiciones externas de verano Pag. 41
3.4 Condiciones internas de verano Pag. 42
3.5 Resumen de áreas Pag. 42
3.6 Coeficientes de transferencia de calor por convección Pag. 43
3.7 Resultados software Acetyr Pag. 52
3.8 Relación porcentual caudal-área Pag. 56
3.9 Cálculo % capacidad inicial por tramos Pag. 58
3.10 Cálculo % área conducto por tramos..... Pag. 58
3.11 Cálculo del diámetro equivalente por tramos..... Pag. 58
3.12 Calculo de la longitud equivalente total Pag. 59
4.1 Características del compresor Pag. 65
4.2 Características del motor eléctrico..... Pag. 66
4.3 Características de la bomba Pag. 73

DOCUMENTO 3.- ASPECTOS ECONÓMICOS

1.1 Costes unidad condensadora Pag. 76
1.2 Costes UTA Pag. 76
1.3 Costes válvulas y accesorios..... Pag. 77
1.4 Costes bomba de agua Pag. 78
1.5 Costes tuberías y conductos Pag 79
1.6 Costes cuadro eléctrico Pag. 81

1.7 Costes otros Pag. 81

ANEXO 3.- MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

1.1 Periodicidad de revisiones Pag. 107

LISTA DE FIGURAS

DOCUMENTO 1.- MEMORIA

1.1 Unidad de tratamiento de aire Pag. 2

1.2 Esquema UTA Pag. 2

1.3 Modulo de ventiladores Pag. 3

1.4 Modulo de tratamiento térmico Pag. 3

1.5 Modulo de filtrado Pag. 4

2.1 Diagrama T-s Pag. 7

2.2 Diagrama de Mollier Pag. 10

2.3 Diagrama de carrier Pag. 10

2.4 Diagrama ASHRAE Pag. 11

2.5 Diagrama P-h sistema frigorífico simple Pag. 17

2.6 Esquema agotamiento ozono Pag. 18

2.7 Seguimiento agujero capa de ozono por año en la Antártida Pag. 19

5.1 Accesorios para protección personal en soldadura Pag. 33

DOCUMENTO 2.- METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO

2.1 Diagrama de gantt	Pag. 40
3.1 Ábaco caudal y velocidad	Pag. 50
3.2 Ábaco caudal y velocidad	Pag. 51
3.3 Ábaco caudal y velocidad	Pag. 51
3.4 Válvula de expansión termostática	Pag. 53
3.5 Válvula TE12	Pag. 54
3.6 Ábaco rozamiento-caudal-diámetro	Pag. 55
3.7 Disposición de bocas de impulsión en el puente	Pag. 57
3.8 Condensador enfriado por agua de doble tubo	Pag. 61
4.1 Compresor Bitzer 4N.2Y.....	Pag. 64
4.2 Motor eléctrico WEG W22.....	Pag. 65
4.3 Curvas características en función de la potencia.....	Pag. 67
4.4 Curvas características en función de la rotación	Pag. 67
4.5 Diagrama de expansión directa	Pag. 70
4.6 Diagrama de batería eléctrica	Pag. 70
4.7 Curvas ventilador centrífugo.....	Pag. 71
4.8 Válvula de expansión termostática TEZ12	Pag. 71
4.9 Bomba Azcue LN-32-160R.....	Pag. 73
4.10 Curvas características de la bomba.....	Pag. 73
4.11 Separador de aceite OST-413	Pag. 74

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

DOCUMENTO 1- MEMORIA

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

Curso: 2017-2018

Fecha: Fecha: 17 de Julio de 2018

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 CICLO DE REFRIGERACIÓN	1
1.2 AIRE ACONDICIONADO	1
2. CONTEXTO	5
2.1 DEFINICIÓN DE PSICROMETRÍA	5
2.1.1 Introducción	5
2.1.2 Propiedades termodinámicas del aire	5
2.1.3 Estudio de la cantidad de vapor presente en el aire	7
2.1.4 Parámetros para medición de humedad	8
2.1.5 Aparatos psicométricos	8
2.2 ESTUDIO DE REFRIGERANTES	11
2.2.1 Introducción	11
2.2.2 Clasificación	12
2.2.2.1 Fluidos frigorígenos	12
2.2.2.2 Fluidos frigoríferos	12
2.2.2.3 Freones	12
2.2.2.4 Mezcla azeotrópica	13
2.2.2.5 Mezcla zeotrópica	13
2.2.3 Refrigerante ideal	14
2.2.3.1 Propiedades del refrigerante ideal	14
2.2.3.2 Características termodinámicas	15
2.2.4 Sustancias destructoras de la capa de ozono	17
2.2.5 Implicaciones en el planeta	19
2.2.6 Implicaciones medioambientales de los refrigerantes	20
2.2.6.1 Introducción	20
2.2.6.2 Convenio de Viena	20
2.2.6.3 Protocolo de Montreal	21
3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO	22
3.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO	22
3.2 ALCANCE DEL TRABAJO	22
4. DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE	23
4.1 DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS	23
4.2 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE	24
5. ANALISIS DE RIESGOS	26
5.1 FINALIDAD DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD	26
5.2 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	26
5.2.1 Lucha contra incendios	26
5.2.2 Ventilación de los lugares de trabajo	26
5.2.3 Temperatura de los locales	26
5.2.4 Iluminación de los lugares de trabajo	26
5.2.5 Suelos, mamparos y techos	26
5.2.6 Puertas	26
5.2.7 Ruido	27
5.2.8 Instalación mecánica y eléctrica	27
5.3 MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	27
5.3.1 Compresores	27
5.3.2 Condensadores	28

5.3.3 Unidad de tratamiento de aire	29
5.3.4 Conductos de aire	30
5.3.5 Bombas hidráulicas	30
5.3.6 Tuberías y válvulas	31
5.3.7 Trabajos en altura	31
5.3.8 Trabajos en solitario	32
5.3.9 Espacios confinados	32
5.4 SEGURIDAD A LA HORA DE SOLDAR	33
5.4.1 Protección personal	33
6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	34
6.1 RESUMEN DE LA INSTALACIÓN	34
6.2 ESPECIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	34
6.2.1 Planta frigorífica	34
6.2.2 Climatizador	35
6.2.2.1 Características Constructivas:	36
6.2.2.2 Sección entrada y mezcla de aire	36
6.2.2.3 Sección de Filtros	36
6.2.2.4 Sección de refrigeración	37
6.2.2.5 Sección de calefacción	37
6.2.2.6 Sección de Ventilación	37
6.3 SISTEMA VENTILACIÓN Y DIFUSIÓN DE AIRE	37
6.3.1 Conductos de impulsión y retorno de aire acondicionado	37

1 INTRODUCCIÓN

1.1 CICLO DE REFRIGERACIÓN

Una instalación frigorífica extrae calor de un foco frío y lo cede a otro más caliente. El ciclo frigorífico es el siguiente:

El líquido absorbe calor dentro del evaporador y se evapora pasando a fase gas. La presión es reducida en el evaporador debido a la estrangulación de la válvula de expansión.

El compresor absorbe el gas, lo comprime hasta que alcanza la presión de condensación y lo transfiere al condensador, donde al ceder calor al foco frío se condensa.

La temperatura a la que la evaporación y la condensación tienen lugar depende del refrigerante y de las presiones específicas.

La instalación se compone de los siguientes elementos:

1. Evaporador
2. Compresor
3. Condensador
4. Válvula Termostática

Se trata de un circuito cerrado unido mediante tuberías siguiendo este ciclo continuamente. Toda la instalación esta automatizada con sus aparatos y ajustes. [1]

1.2 AIRE ACONDICIONADO

El objetivo del aire acondicionado es mantener las condiciones ambientales interiores lo más satisfactorias posibles. Para lograrlo, el sistema de climatización debe controlar las siguientes variables del aire:

1. Humedad relativa
2. Temperatura
3. Pureza
4. Velocidad
5. Ruido

Para controlar dichas variables se utilizan las UTAs o unidades de tratamiento de aire. No es posible controlar la pureza del aire sin una correcta ventilación. Al diseñar la instalación ha de tenerse en cuenta que es imposible satisfacer a todas las personas que vayan a estar dentro del local climatizado. Es por ello por lo que se procura conseguir las condiciones de confort para la mayoría.



Figura 1-1. Unidad de tratamiento de aire

Para poder adaptarse a las infinitas características y demandas de los clientes, los fabricantes de climatizadoras no las construyen como un conjunto. Su construcción consta de módulos que son montados en serie hasta conseguir la estructura de la climatizadora final. Esto permite que los clientes puedan diseñar las unidades a su medida. Una vez montada la unidad climatizadora puede existir la posibilidad de ampliar el equipo si fuera necesario.

Una característica muy importante de las unidades de climatización es que permiten, mediante compuertas, cambiar la procedencia del aire a tratar en función de la necesidad. Puede coger el 100% del aire procedente del exterior, el 100% del aire procedente de la recirculación o una mezcla de ambos en diferentes proporciones. El control de las compuertas es recomendable que sea automático accionado por controladores electrónicos.

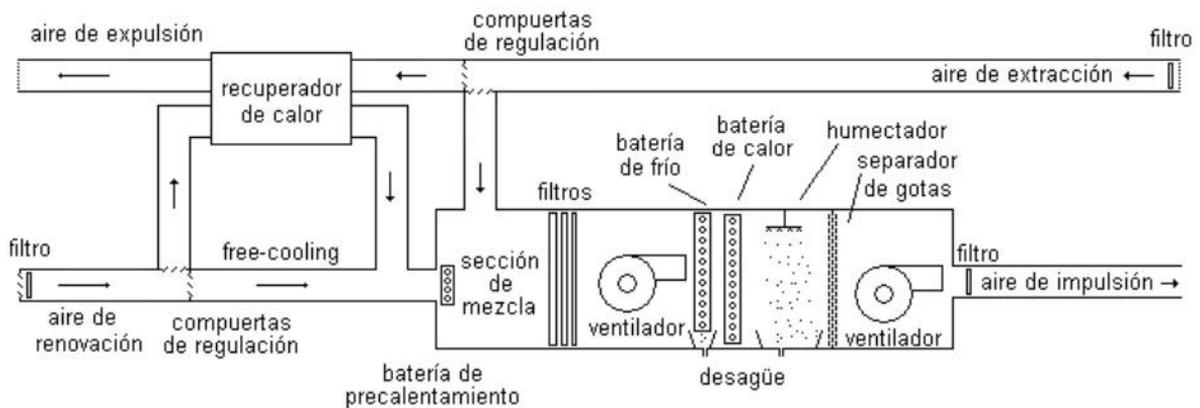


Figura 1-2. Esquema UTA

Los principales componentes de las climatizadoras son los siguientes:

- Modulo de ventiladores. Como su propio nombre indica, es el modulo en que van situados los ventiladores. El objetivo del mismo es mover el aire que pasa por todo el climatizador. En función del tamaño y potencia de la unidad varia tanto el numero como el tamaño de los ventiladores. Los ventiladores son movidos por motores eléctricos. a través de correas. En caso de que las longitudes de los conductos sean muy grandes, se dispondrá además del de impulsión, un modulo

de ventiladores de retorno para poder impulsar el aire hasta la unidad climatizadora.

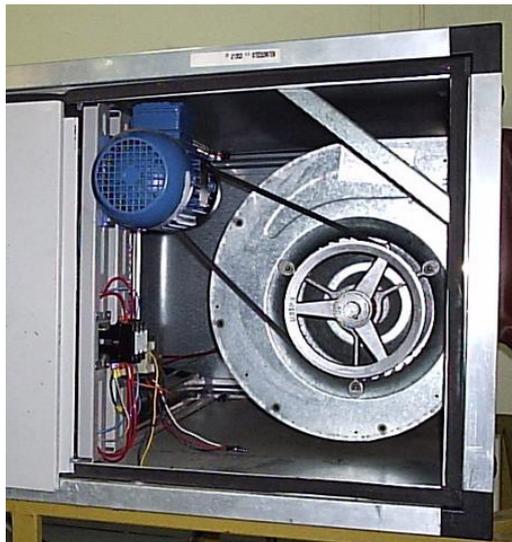


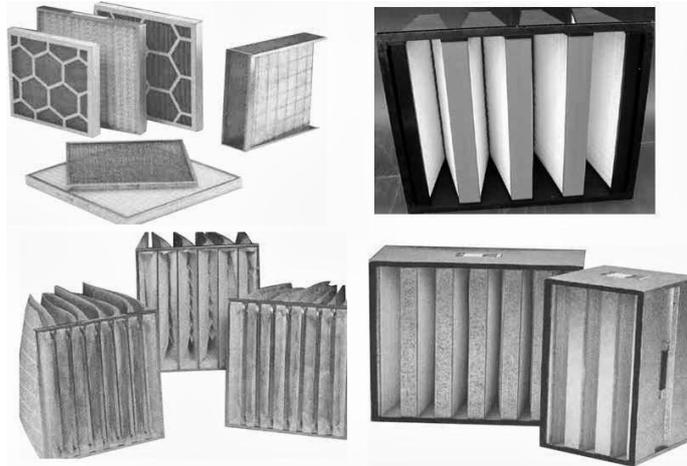
Figura 1-3. Modulo de ventiladores

- Modulo de mezcla. Situado en la aspiración o tras el ventilador de retorno, consta de dos o tres compuertas que permiten ajustar, según los porcentajes deseados, la cantidad de aire de retorno y aire exterior. Los sistemas electrónicos de control cambian la posición abriendo o cerrando la compuerta. Los servomotores pueden ser de dos tipos:
 1. Actuación proporcional. Permiten que la puerta quede posicionada en cualquier punto de apertura.
 2. Todo/nada. Solo permiten abrir o cerrar completamente la compuerta. En cualquier caso el actuador tiene que ser lento. De lo contrario podría producirse un golpe de ariete contra las paredes.
- Modulo de tratamiento térmico. Como se ha mencionado anteriormente, una de las variables del aire a controlar es su temperatura. Para ello, en este modulo, existen tanto una batería de calor como una de frio. Estas baterías no son más que intercambiadores de calor por los que tendrá que pasar el aire. Dependiendo si funciona en modo calefacción o modo refrigeración calentará o enfriará el aire. Las baterías pueden ser de agua, de expansión directa o eléctricas.



1-4. Modulo de tratamiento térmico

- Modulo de filtrado. Consiste en la eliminación de las partículas no deseadas a través de sucesivos filtros. El aire entra por los de mayor tamaño y según va avanzando estos van disminuyendo y filtrando partículas más pequeñas. Al obstruirse con el paso del tiempo son elementos que hay que cambiar con regularidad. [2] [3]



1-5. Modulo de filtrado

2. CONTEXTO

2.1 DEFINICIÓN DE PSICROMETRÍA

2.1.1 Introducción

La psicrometría estudia las propiedades termodinámicas de mezclas de vapor con gases. El estudio más importante en climatización y refrigeración es el aire húmedo, que no es más que la mezcla de vapor de agua y aire seco. El estudio de este campo es indispensable para poder conseguir un confort adecuado para las personas.

El estudio de las propiedades del aire, no obstante, es bastante sencillo. A través de los años, el hombre ha sido capaz de desarrollar aparatos de medición para realizar mediciones del aire húmedo. Además, se ha conseguido reflejar en diagramas de una forma muy visual, las propiedades termodinámicas del aire, facilitando enormemente los cálculos. Hoy en día, no obstante, existen softwares y programas informáticos que facilitan la obtención de los parámetros deseados.

A continuación se enumeran las principales propiedades termodinámicas del aire, dándole la mayor importancia a la humedad. [2] [3] [4]

2.1.2 Propiedades termodinámicas del aire

El aire no deja de ser una mezcla de varios gases, siendo la composición aproximadamente de:

- 78% Nitrógeno
- 20.9% Oxígeno
- 1.1% Argón, CO₂ y otros gases

Esta mezcla de gases constituye el aire seco, el cual está mezclado con agua en forma de vapor.

Al ser el rango de presiones y temperaturas en las que se trabaja muy pequeño, se considera que la mezcla de aire seco y vapor actúan como si de un gas ideal se tratara. Además, se considera que el aire seco se comporta como si de un componente puro se tratase. Esto permite que las propiedades se puedan estudiar utilizando la ley de Dalton, facilitando mucho los cálculos de las propiedades del aire.

	PARÁMETRO	ECUACIÓN
Aire seco	Masa molecular	$M_a = 28,96 \cdot 10^{-3} \frac{Kg}{mol}$
	Densidad	$\rho = \frac{P_a M_a}{RT} \frac{Kg}{m^3}$
	Calor específico	$C_{p_a} \approx 1 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C}$
	Entalpía (referencia 0°C)	$\Delta h_a = 1(T - 0^\circ C) \frac{KJ}{Kg}$
Vapor de agua	Masa molecular	$M_v = 18,01 \cdot 10^{-3} \frac{Kg}{mol}$
	Densidad	$\rho = \frac{P_v M_v}{RT} \frac{Kg}{m^3}$
	Calor específico	$C_{p_v} \approx 1,88 \frac{KJ}{Kg \cdot ^\circ C}$
	Entalpía (referencia 0°C)	$\Delta h_v = L_v(0^\circ C) + 1,88(T - 0^\circ C) \frac{KJ}{Kg}$

Tabla 2-1. Parámetros y ecuaciones

Donde:

P_a = presión parcial de aire seco

$$R = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$$

P_v = presión parcial del vapor de agua

Aire húmedo

Es la mezcla del vapor de agua y del aire seco. A poca presión (menos de 3 atmósferas) se comporta como un gas ideal cumpliendo la Ley de Dalton: "La presión de una mezcla de gases, que no reaccionan químicamente, es igual a la suma de las presiones parciales que ejercería cada uno de ellos si sólo uno ocupase todo el volumen de la mezcla, sin variar la temperatura." Se considera que cada componente actúa como si existiera él solo.

La presión queda determinada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{m \left(\frac{R}{M} \right) T}{V} \quad [EC.1]$$

Cada una de las presiones parciales queda determinada entonces de la siguiente manera:

$$P_a = \frac{n_a RT}{V} = \frac{m_a \left(\frac{R}{M_a} \right) T}{V} \quad [EC.2]$$

$$P_v = \frac{n_v RT}{V} = \frac{m_v \left(\frac{R}{M_v}\right) T}{V} \quad [EC.3]$$

Aplicando la Ley de Dalton sabemos que:

$$P_{TOTAL} = P_v + P_a \quad [EC.4]$$

Sustituyendo entonces las ecuaciones se obtiene la presión total:

$$P_{TOTAL} = \frac{m_a \left(\frac{R}{M_a}\right) T}{V} + \frac{m_v \left(\frac{R}{M_v}\right) T}{V} \quad [EC.5]$$

$$\text{Entalpia: } \Delta h = \frac{m_a \cdot \Delta h_a + m_v \cdot \Delta h_v}{m_a + m_v} \quad [EC.6]$$

$$\text{Calor específico: } C_p = \frac{m_a \cdot c_{pa} + m_v \cdot c_{pv}}{m_a + m_v} \quad [EC.7]$$

Tal y como queda determinado por las ecuaciones anteriores, las propiedades del aire dependen de la cantidad de vapor que contenga el mismo. Es por ello que para el correcto estudio se deba cuantificar la humedad presente en el aire. [2] [3]

2.1.3 Estudio de la cantidad de vapor presente en el aire

Como ya se ha explicado anteriormente, el aire húmedo es una mezcla de aire seco y vapor de agua. Dicha mezcla estará saturada de vapor en dos circunstancias:

- Cuando a una T^a su presión parcial sea igual a la presión de saturación a dicha T^a
- Cuando a una P parcial su T^a sea igual a la T^a de saturación a dicha presión.

En cualquiera de esas dos situaciones comienza a condensarse la humedad presente en el aire en forma de gotas de agua. Dicho punto recibe el nombre de "punto de rocío", que no es más que el punto de saturación del aire a una T^a o P dada.

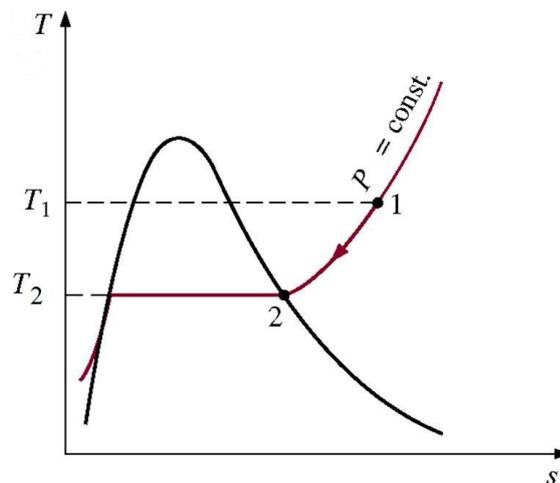


Figura 2-1. Diagrama T-s

En el diagrama T-s anterior se muestra como partiendo del punto 1 y bajando la temperatura a una presión constante, llega un momento (punto 2) en el que la curva atraviesa la campana. Este es el denominado "punto de rocío", a partir del cual se irá condensando el vapor.

A una determinada temperatura, la temperatura del punto de rocío será más pequeña cuanto menos humedad contenga el aire. Es por esto que el punto de rocío puede utilizarse como un medidor de la humedad presente en el aire.

2.1.4 Parámetros para medición de humedad

Existen distintos parámetros para determinar la cantidad de humedad presente en el aire. Los más relevantes son los siguientes:

$$\text{- Razón de mezcla: } x = \frac{m_v}{m_a} \frac{[\text{Kg vapor}]}{[\text{Kg aire seco}]} \quad [\text{EC.8}]$$

$$\text{- Humedad absoluta: } \rho = \frac{m_v}{V} \frac{[\text{Kg vapor}]}{[\text{m}^3 \text{ aire húmedo}]} \quad [\text{EC.9}]$$

$$\text{- Humedad específica: } e = \frac{m_v}{(m_v + m_a)} \frac{[\text{Kg vapor}]}{[\text{Kg aire húmedo}]} \quad [\text{EC.10}]$$

$$\text{- Fracción molar: } Y = \frac{n_v}{n_a} \frac{[\text{mol vapor}]}{[\text{mol aire seco}]} \quad [\text{EC.11}]$$

Dependiendo de lo que queramos calcular se usará uno u otro. Pero todos ellos tienen un inconveniente claro: ninguno de ellos indica el estado del vapor. Es decir, ninguno expresa si el vapor está a punto de condensarse o no. Información que resulta de vital importancia.

Es por ello que el parámetro utilizado en refrigeración, climatización y acondicionamiento de aire que si mide el estado del vapor sea la humedad relativa. Se calcula de la siguiente manera:

$$H_r = 100 \frac{P_v}{P_s} [\%] \quad [\text{EC.12}]$$

Con esta expresión si el aire está en el punto de saturación la humedad será del 100%. Según se reduzca el porcentaje de humedad, el aire estará más seco. A misma cantidad de vapor en el aire, este tendrá menos humedad relativa cuanto más caliente esté. [2]

2.1.5 Aparatos psicrométricos

Dada la importancia de la psicrometría, su correcta medición es de gran importancia. La humedad además de afectar a la salud y confort de los seres vivos, afecta también a objetos delicados, pinturas, obras de arte... Es por esto que en los sistemas de calefacción además de controlar la temperatura se tenga que controlar la humedad.

Por ello se han desarrollado a lo largo de los años distintos aparatos para la medición con exactitud de la humedad. Los más importantes, no obstante, son el psicrómetro y los distintos tipos de higrómetros.

Psicrómetro

El psicrómetro no es más que dos termómetros, uno seco y otro húmedo. Este último está siempre húmedo gracias a una tela que lo recubre. El paño recibe el agua de un pequeño depósito en el que tiene sumergido el otro extremo. Una vez hechas las dos lecturas hay que hacer el cálculo para la obtención de el valor de la humedad relativa. Esto se puede hacer bien por tablas, gráficos o programas informáticos.

Si se desea que los cálculos sean más precisos se deberá tener en cuenta la presión atmosférica.

Higrómetro eléctrico

Basan su funcionamiento en que algunas sustancias varían su resistencia eléctrica al variar la humedad relativa. Midiendo esta variación y calibrando el dispositivo de forma adecuada se obtiene el valor de la humedad relativa presente en el aire.

Higrómetro de cabello

Los pelos tienden a mantener la humedad y su longitud varia con esta. Mediante un sistema de medición muy preciso y calibrándolo para los distintos valores se puede obtener la cantidad de humedad relativa presente en el aire. En la actualidad se mantiene el nombre pero se han sustituido los cabellos por fibras sintéticas.

Diagramas psicométricos

Como otras propiedades termodinámicas, las del aire se relacionan entre si y a partir de dos de ellas es posible obtener los valores de las demás mediante las distintas ecuaciones que existen. No obstante, el uso de las mismas resulta difícil y, a veces, muy engorroso. Es por ello que se ha generalizado el uso de diagramas, que no son más que las representaciones gráficas de las ecuaciones. En estos diagramas cada proceso psicométrico viene determinado por una línea, pudiendo ser tanto recta como curva. De esta forma de una manera rápida, precisa y muy visual, se pueden obtener los valores requeridos.

El principal hándicap de este método es que cada diagrama solo se puede utilizar para una presión determinada. Lo que supone que se tenga que disponer de un diagrama para cada presión.

Diagrama de Mollier

El más antiguo de los diagramas psicométricos. La presión se representa en el eje de ordenadas y la entalpía en el de abscisas. Las líneas de humedad son perpendiculares al eje X. Las líneas isotermas son líneas rectas que van aumentando su pendiente con la temperatura. La que corresponde a 0°C es horizontal. Las líneas de humedad relativa constante parten del centro y van separándose. Las isoentálpicas son paralelas entre sí y con pendiente negativa.

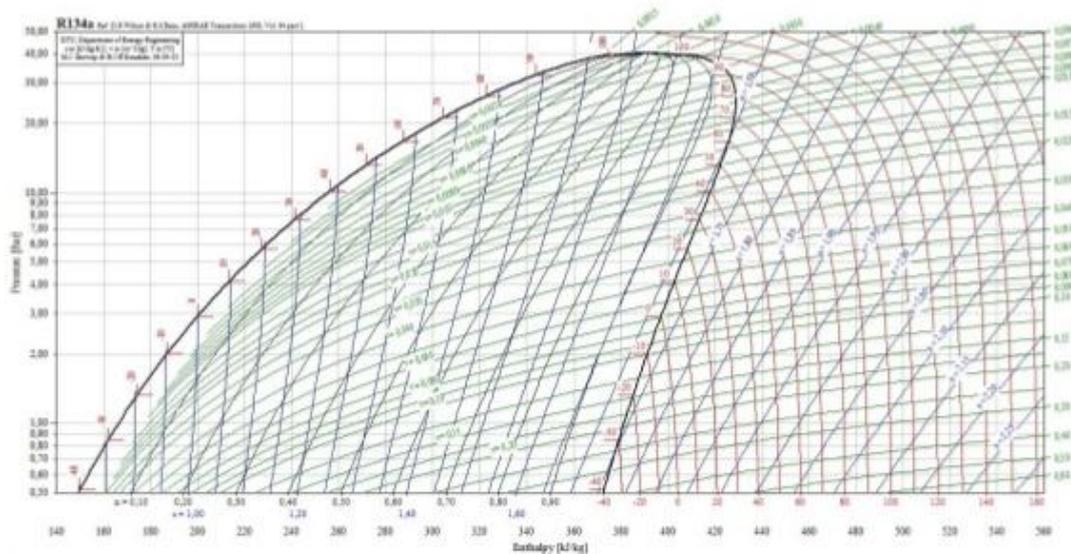


Figura 2-2. Diagrama de Mollier

Diagrama de carrier

Es el diagrama más utilizado a día de hoy. Se representa la humedad específica en ordenadas y la temperatura seca en abscisas. La curva de saturación asciende hacia la derecha. Las líneas de entalpía del aire húmedo y temperatura del bulbo constante son prácticamente rectas. El origen de entalpías se sitúa en el punto de temperatura 0°C y humedad relativa 100% diferente a los demás diagramas.

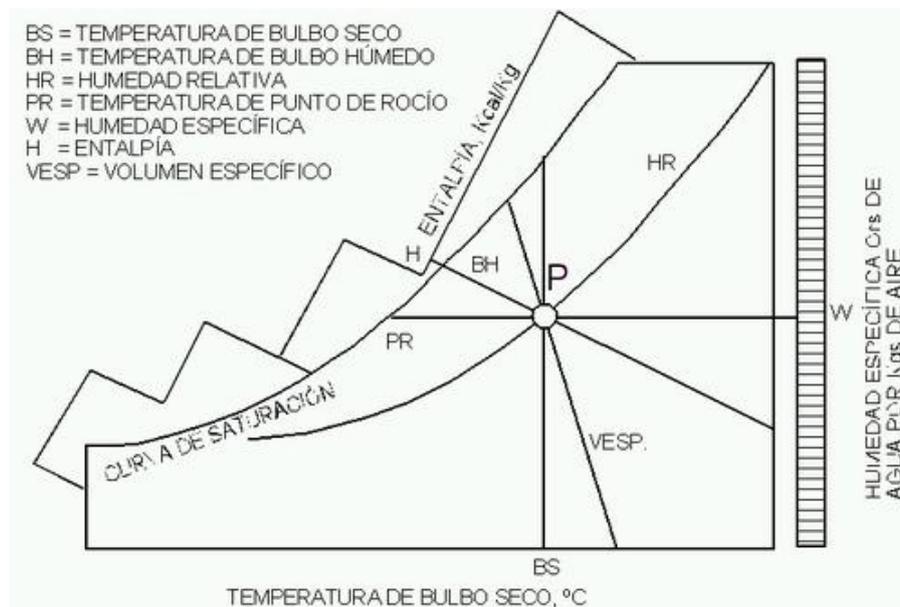


Figura 2-3. Diagrama de carrier

Diagrama ASHRAE

Es el diagrama de la American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Se representa con la temperatura seca en el eje de abscisas y la humedad específica en el de ordenadas. Es similar al de Carrier pero en este en lugar de la entalpia de saturación se representa la entalpia húmeda. A pesar de ser de una sociedad americana su uso está extendido en todo el mundo. [2] [3] [4]

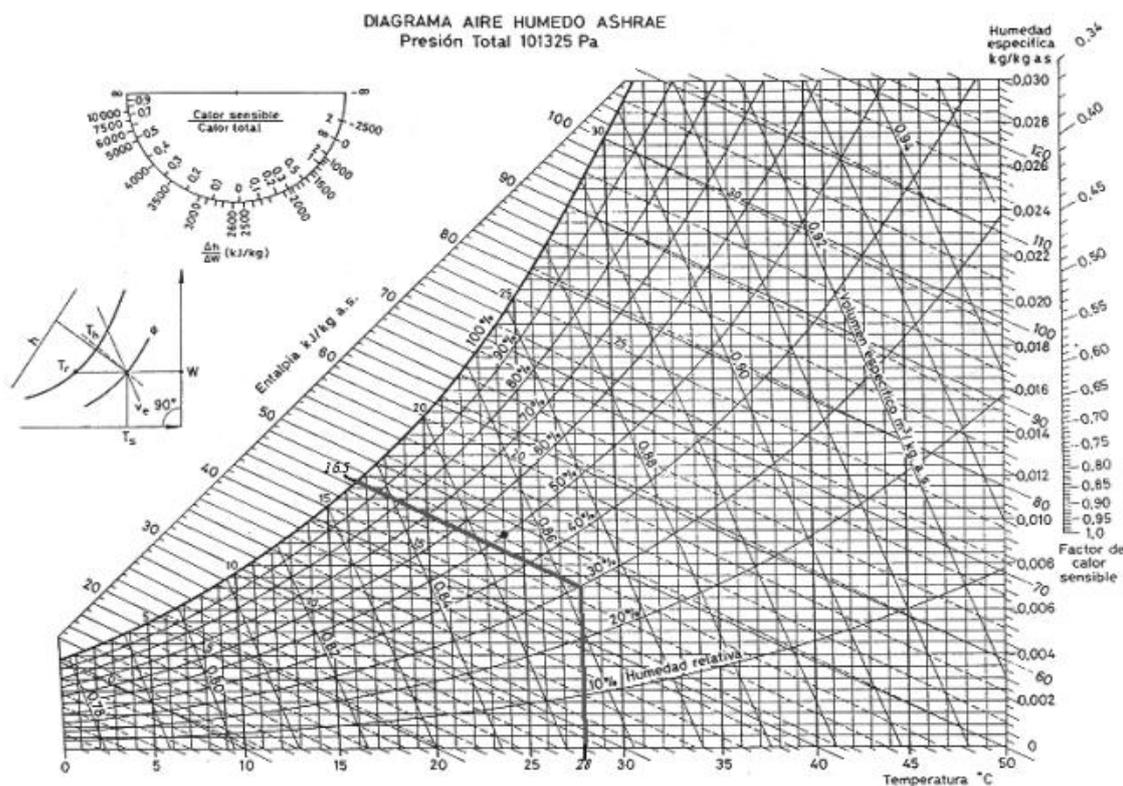


Figura 2-4. Diagrama ASHRAE

2.2 ESTUDIO DE REFRIGERANTES

2.2.1 Introducción

Se denomina refrigerante al fluido de trabajo utilizado en los ciclos de refrigeración cuya función es absorber calor del frío para expulsarlo en el foco caliente. Este proceso se produce con cambios de fase y de presión del mismo.

Los refrigerantes tienen que reunir una serie de propiedades físicas bien definidas, debiendo cumplir las siguientes condiciones:

- Deben tener una relación de compresión entre las presiones de evaporación y de condensación lo más pequeña posible para los valores de las temperaturas correspondientes a cada uno de ellos.
- El calor latente de evaporación debe ser lo más grande posible.
- El calor específico debe ser lo más pequeño posible.
- El valor de la temperatura final de compresión tiene que ser baja. [1] [7]

2.2.2 Clasificación

Los refrigerantes se pueden designar mediante su fórmula molecular, su denominación química o su denominación simbólica numérica.

La norma ASHRAE-34 clasifica los refrigerantes utilizados en la producción de frío, estableciendo varios grupos, siendo los más importantes los que se indican a continuación.

2.2.2.1 Fluidos frigorígenos

- Compuestos inorgánicos: NH₃, H₂O, Aire, CO₂, SO₂
- Hidrocarburos saturados de bajo peso molecular, metano, etano, propano, butano
- Hidrocarburos no saturados, etileno, propileno
- Halocarburos derivados de hidrocarburos saturados: R-11, R-12, R-22, etc
- Mezclas zeotrópicas: R-407A, R-407B, etc
- Mezclas azeotrópicas: R-502, R-507, etc
- Mezclas cuasiazeotrópicas

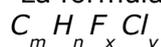
2.2.2.2 Fluidos frigoríferos

- Agua
- Salmueras
- Anticongelantes

2.2.2.3 Freones

Los freones son derivados clorofluorados de hidrocarburos saturados. La asociación americana ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) ha establecido un criterio, universalmente adoptado, para designar comercialmente a los refrigerantes normalmente empleados.

La fórmula general es:



debiéndose satisfacer la relación:

$$n + x + y = 2m + 2$$

Se designan con la letra R seguida de un número compuesto por 2 ó más cifras, en los que se cumple lo siguiente:

a) Para los de dos cifras:

La primera cifra indica los átomos de carbono que contiene la molécula.

La segunda indica los átomos de flúor que contiene la molécula.

b) Para los de tres cifras:

La primera indica los átomos de carbono que contiene la molécula menos uno.

La segunda indica los átomos de hidrógeno que contiene la molécula más uno.

La tercera indica los átomos de flúor contenidos en la molécula.

Cuando la molécula bromo, se añade a la nomenclatura anteriormente descrita la letra "B" seguida del número de átomos.

<i>Fórmula</i>	<i>Designación</i>	<i>Sustituido por</i>
$CFCl_3$	R-11	R-123
CF_2Cl_2	R-12	R-134a, R-600a, R-290
CHF_2Cl	R-22	R-134a, R-290, R-717, R-407c
CHF_2	R-32	
C_2FUCl_3	R-113	
C_2HEFU	R-143a	
C_2HEFU	R-134a	
C_2HFU	R-125	
C_23FCl_2	R-123	
C_2HECl	R-115	
CF_2Ar	R-12B2	

Tabla 2-2. Refrigerantes más corrientes y sus sustituyentes

Los fluidos pertenecientes al grupo de los freones se entregan en recipientes de color que permiten una inmediata identificación del contenido. Los colores de los recipientes son los recogidos en la siguiente tabla:

<i>R-12</i>	<i>R-11</i>	<i>R-22</i>	<i>R-502</i>	<i>R-113</i>	<i>R-114</i>
<i>Blanco</i>	<i>Anaranjado</i>	<i>Verde</i>	<i>Rosa violáceo</i>	<i>Verde claro</i>	<i>Azul</i>

Tabla 2-3. Colores de recipientes de distintos refrigerantes

Actualmente los gases refrigerantes se dividen en dos grandes grupos:

- Los refrigerantes puros que a su vez se hallan subdivididos entre tradicionales o de nueva generación.
- Los refrigerantes conocidos como mezclas que se subdividen entre las mezclas Zeotrópicas o Azeotrópicas dependiendo de su composición.

Entre la variedad de gases refrigerantes puros están el R-134a, el R-22 o el R-245fa y entre los de nueva generación los refrigerantes R-1234yf o R-1234ze.

2.2.2.4 Mezcla azeotrópica

Son refrigerantes compuestos por una sustancia binaria que se comporta como un compuesto puro y que mantiene la misma composición tanto en la evaporación como en la condensación. Son los resultantes de mezclar dos sustancias de la misma naturaleza química con la condición de que no reaccionen entre si, tanto en el momento de la mezcla como a largo plazo, y de tal manera que las características del producto resultante dependan de las características de los elementos que la constituyen.

Tienen la enumeración que se sitúa en la serie 500 (R-502, R-503 etc.). Se expresan por las denominaciones de sus componentes, así como por el porcentaje en peso de los mismos.

2.2.2.5 Mezcla zeotrópica

Se trata de un refrigerante compuesto por una sustancia ternaria que no tiene la misma mezcla en la evaporación o condensación a una presión constante, este tipo de refrigerantes tienen la característica de que durante el cambio de fase los componentes se puede segregar, pero al final del cambio continua siendo el mismo refrigerante. A esto se le conoce como deslizamiento de temperatura. Cabe destacar que existen

refrigerantes con un deslizamiento muy pequeño como el R 404A, mezcla de R 134a, R 125 y R 143a en proporciones de 4%, 52% y 44% respectivamente, en cuyo caso su extracción se sugiere que siempre se haga en fase líquida.

En la tabla anexa podemos observar los refrigerantes más comunes, en ella se indican: el nombre del refrigerante, el número asignado por ASHRAE, el tipo de refrigerante (si es puro o mezcla), la clase de refrigerante a la que pertenece, el lubricante típico, la densidad y el punto de ebullición.

Producto Genetron	NUMERO ASHRAE	TIPO DE REFRIGERANTE	CLASE DE REFRIGERANTE	LUBRICANTE TIPICO	DENSIDAD LÍQ.(lbs/ft ³) 0 ° F	Punto de Ebullición °F
Genetron 11	R-11	Compuesto Puro	CFC	MO	98.2	74.7
Genetron 12	R-12	Compuesto Puro	CFC	MO	90.6	-21.6
Genetron 22	R-22	Compuesto Puro	HCFC	AB	83.6	-41.6
Genetron 23	R-23	Compuesto Puro	HFC	POE	72.6	-115
Genetron 123	R-123	Compuesto Puro	HCFC	AB	97.9	82.1
Genetron 134#	R-134#	Compuesto Puro	HFC	POE	84.4	-14.9
Genetron MP-39	R-401A	Mezcla	HCFC	AB	83.2	-27.2
Genetron MP-66	R-401B	Mezcla	HCFC	AB	83.2	-30.4
Genetron HP-80	R-402A	Mezcla	HCFC	AB	82.6	-56.5
Genetron HP-81	R-402B	Mezcla	HCFC	AB	82.1	-52.9
Genetron 404A	R-404A	Casi-Azeotropo	HFC	POE	75.9	-51.8
Genetron 407C	R-407C	Mezcla	HFC	POE	81.1	-46.9
Genetron 408A	R-408A	Mezcla	HCFC	AB	75.5	-49.8
Genetron 409A	R-409A	Mezcla	HCFC	MO	84.4	-29.6
Genetron AZ-20	R-410A	Casi-Azeotropo	HFC	POE	77.3	-60.9
Genetron 502	R-502	Azeotropo	CFC	AB	86.8	-49.5
Genetron 503	R-503	Azeotropo	CFC	AB	71.6	-125.5
Genetron AZ-50	R-507	Azeotropo	HFC	POE	76.3	-52.8
Genetron 508B	R-508B	Azeotropo	HFC/PFC	POE	72.2	-125.3

Tabla 2-4. Propiedades de distintos refrigerantes

2.2.3 Refrigerante ideal

El refrigerante ideal tendría tanto una serie de propiedades físico-químicas como unas características termodinámicas específicas. Estas se enumeran a continuación.

2.2.3.1 Propiedades del refrigerante ideal

Presión de condensación

No debe ser elevada, ya que, de ser así aumenta el coste del compresor y dificulta la estanqueidad de la instalación.

Presión de evaporación

No debe ser excesivamente baja, pero sí mayor que la atmosférica, evitando con ello que el aire pueda penetrar en la instalación.

Temperatura crítica

Debe ser elevada para no incrementar la presión de condensación.

Volumen específico

El volumen específico del vapor a la presión de evaporación debe ser reducido, a fin de disminuir el tamaño del compresor.

Calor latente de vaporización

El calor latente de vaporización debe ser elevado, para disminuir el caudal másico del refrigerante y el calor específico en estado líquido.

Temperatura de congelación

Debe ser lo suficientemente baja como para que el refrigerante no pueda congelarse durante el ciclo.

Viscosidad

Debe ser reducida para disminuir las pérdidas de carga en las tuberías y en los intercambiadores.

Conductividad térmica

Debe ser elevada, para que las superficies de intercambio no sean grandes.

Inactividad y estabilidad

Debe ser inerte a los materiales que forman el sistema y al aceite de lubricación del compresor y debe ser estable en su construcción química.

Solubilidad en agua y en aceite

El refrigerante no debe reaccionar nocivamente ni con el agua ni con el aceite empleado en la instalación. Debe ser lo más inmiscible posible con el aceite lubricante, de lo contrario se prefiere que sea totalmente miscible.

Seguridad

Un refrigerante debe ser seguro para proteger a las personas de intoxicaciones y daños, o incluso la muerte, en caso de fuga.

Los modernos refrigerantes no son tóxicos y los equipos se diseñan para utilizar una cantidad mínima de refrigerante para realizar su tarea.

No existe un refrigerante ideal que posea todas y cada una de las propiedades anteriormente descritas; no obstante, algunos fluidos poseen características que los hacen especialmente aconsejables en ciertas instalaciones, pudiéndose admitir como norma general, que el refrigerante ideal sería aquel que tuviese todas las propiedades anteriormente citadas, y que para el caso de un fluido real el que mejor aproxime su comportamiento al del correspondiente ideal.

2.2.3.2 Características termodinámicas

Presión de condensación

Conviene que la presión correspondiente a las temperaturas usuales en condensación no sea alta. Esto evita que el dimensionado correspondiente del compresor, condensador, depósito de líquido y tuberías sea proporcionalmente más grueso.

Los compresores de tipo alternativo no tienen problemas para conseguir altas presiones de escape. No sucede lo mismo con los centrífugos que para alcanzarlas necesitan varias etapas. Es por ello que con los centrífugos interesa utilizar refrigerantes cuyas presiones de condensación sean bajas.

Temperatura de congelación a la presión atmosférica

Interesa que sea lo más baja posible, para que el refrigerante pueda estar en fase líquida a las temperaturas normalmente empleadas en el evaporador. El agua, por ejemplo, tiene una temperatura de congelación de 0°C lo que impide utilizarla en niveles térmicos por debajo de esa temperatura.

Temperatura de evaporación a la presión atmosférica

La temperatura de evaporación conviene que sea lo más baja posible con el objeto de que no sea necesario un alto grado de vacío para conseguir las temperaturas de evaporación.

Presión y temperatura críticas

Es conveniente que la presión crítica se encuentre por encima de cualquier presión de condensación esperada en el funcionamiento de la instalación, cuanto más alejada mejor. No solamente conviene que el refrigerante pueda licuarse sino que además interesa que la potencia de compresión absorbida en el compresor sea lo menor posible, lo cual depende del valor de la relación de compresión y de lo alejada que se encuentre la presión crítica de la de condensación. Cuanto más se acerque ésta última al máximo de la campana de saturación, tanto más rápidamente crece el trabajo requerido para la compresión. Cuanto mayor sea la planta más importante es esta propiedad.

Relación de compresión

Cuanto menor sea el valor de la relación de compresión menor será también la tendencia del refrigerante a fugarse del lado de alta al de baja del compresor. Esto conlleva que el rendimiento volumétrico sea más elevado. La existencia del espacio muerto en los compresores alternativos hace que en éstos sea todavía más crítica la dependencia del rendimiento volumétrico con la relación de compresión.

Temperatura de escape

Interesa que la T^a de escape sea moderada para evitar averías en válvulas, y para que tanto el refrigerante como el aceite lubricante no pierdan sus propiedades de trabajo.

Eficiencia COP

Interesa que el COP (coeficiente de operatividad) sea alto, pudiéndose comprobar que los valores del varían poco de un refrigerante a otro.

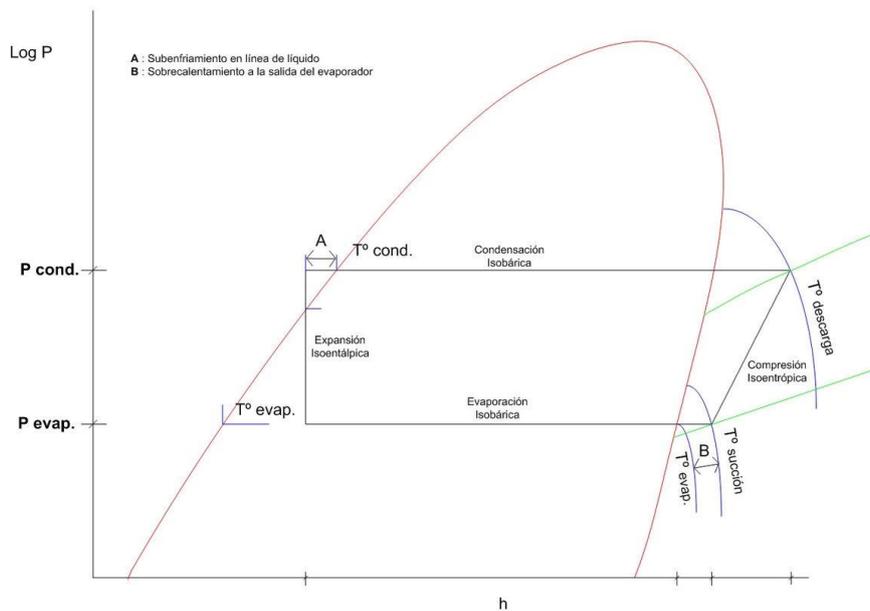


Figura 2-5. Diagrama P-h sistema frigorífico simple

La fórmula para calcular el COP es la siguiente:

$$COP = \frac{Q}{W}$$

[EC.13]

Donde:

COP es el coeficiente de desempeño (puede ser mayor que la unidad)

Q es el calor cedido por el condensador (en KW)

W es la potencia que se suministra al compresor (en KW) [1] [3] [4]

2.2.4 Sustancias destructoras de la capa de ozono

Entre los principales compuestos destructores de la capa de ozono se encuentran los siguientes:

Los CFC (clorofluorocarbonos), han sido muy utilizados en todo el mundo para refrigeración, acondicionamiento de aire y espumación, como solventes, esterilizantes y aerosol.

Nombre genérico y fórmula química	Nombre químico	Potencial de agotamiento del ozono
CFC-11 (CCl3F)	Tricloro-fluoro-metano	1.0
CFC-12 (CCl2F2)	Dicloro-difluoro-metano	1.0
CFC-113 (C2F3Cl3)	1,1,2-Tricloro-trifluoro-etano	0.8
CFC-114 (C2F4Cl2)	Dicloro-tetrafluoro-etano	1.0

Tabla 2-5. Principales CFCs

Los Halones producen un efecto aún más crítico que los CFC debido a que el bromo puede reaccionar con el ozono entre diez y cien veces más que el cloro.

Nombre genérico y fórmula química	Nombre químico	Potencial de agotamiento del ozono
Halon 1211 (CF ₂ BrCl)	Cloro-bromo-difluoro-metano	3.0
Halon 1301 (CBrF ₃)	Bromo-trifluoro-metano	10.0
Halon 2402 (C ₂ F ₄ Br ₂)	Dibromo-tetrafluoro-metano	6.0

Tabla 2-6. Principales halones

Otras sustancias como el bromuro de metilo representan también una amenaza para la capa de ozono.

Diversos estudios científicos han demostrado que el agotamiento de la capa de ozono y el cambio climático están relacionados.

La liberación de gases refrigerantes a la atmósfera tiene, por tanto, efectos en el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

Los CFC y HCFC, son considerados como Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono (SAO). Esto es debido a que los elementos químicos de su composición tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de Ozono de la atmósfera, destruyéndolo.

La capacidad de una sustancia de destruir la capa de ozono se denomina Potencial de Agotamiento a la Capa de Ozono (PAO). Este parámetro se usa para determinar los efectos en la capa de ozono de los gases refrigerantes.

En la siguiente imagen se muestra el proceso esquemático de la destrucción del ozono:



Figura 2-6. Esquema agotamiento del ozono

Seguimiento del agujero de Ozono en la Antártida por año y tamaño en millones de Km²

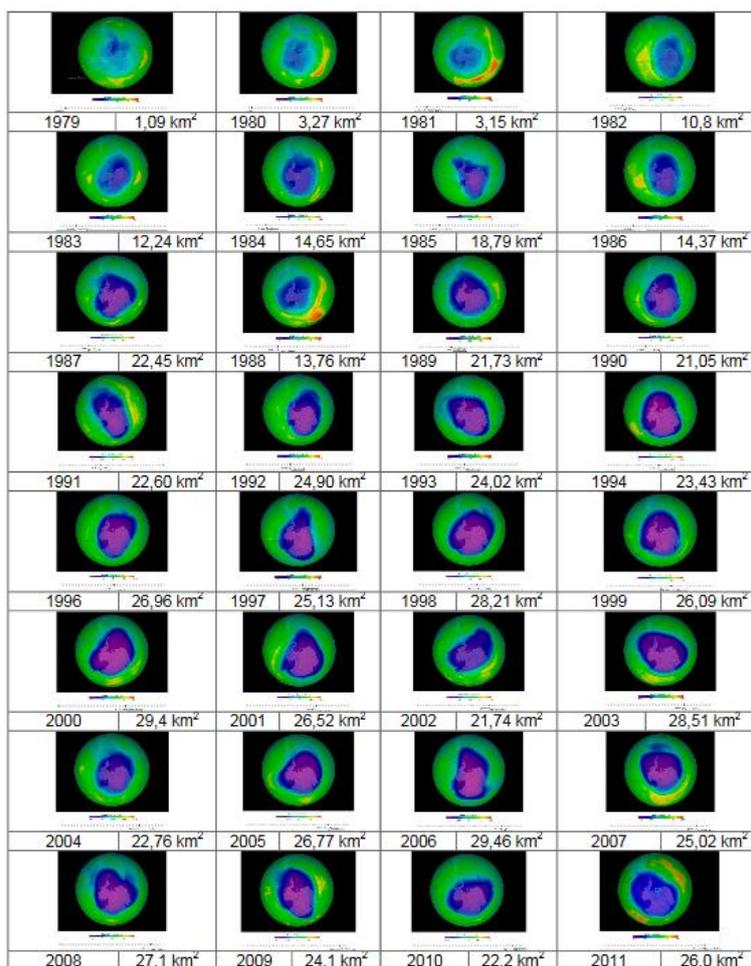


Figura 2-7. Seguimiento agujero capa de ozono por año en la Antártida

Como se puede apreciar, el agujero de la capa de ozono en la Antártida ha aumentado de tamaño a través de los años, con disminuciones en los últimos años.

Otro efecto de los gases refrigerantes en la atmósfera es que interviene en el calentamiento global.

En la siguiente tabla se muestra el potencial de calentamiento global y el potencial de agotamiento de la capa de ozono de los gases R12, R-22 y R134a, entre otros.

Potenciales de Agotamiento a la Capa de Ozono y Calentamiento Global			
Refrigerante	Potencial de agotamiento de ozono	Potencial de calentamiento global a un horizonte de 100 años	Años de vida en la atmósfera
R12	0,820	10.600	100
R22	0,034	1.700	11,9
R134a	0	1.300	13,8
R600a	0	3	
CO2	0	1	100

Tabla 2-7. Potencial de agotamiento y cal. global de distintos refrigerantes

2.2.5 Implicaciones en el planeta

La disminución de la capa ozono, significa un aumento en los niveles de radiación ultravioleta-B, afectando a todo tipo de vida en la tierra (plantas, animales y el hombre). Los incrementos en la radiación UV-B han sido observados no sólo bajo el agujero de Ozono en la Antártida sino en todo el planeta.

En el hombre, la radiación podría generar enfermedades como cáncer de piel, lesiones de la vista o afectar el sistema inmunológico.

En cuanto al medio ambiente, la disminución del ozono afectaría a la producción agrícola reduciendo su producción y a la diversidad biológica.

Actualmente la capa de Ozono está empezando a sanar. En septiembre de 2015, el agujero se había reducido en 4 millones de Km² comparando con su superficie del año 2000. Un área que se asemeja al tamaño de India.

A medida que las concentraciones de cloro continúen disipándose de las capas altas de la atmósfera el agujero en la capa de ozono seguirá reduciéndose hasta cerrarse definitivamente hacia el año 2050, según las estimaciones de los científicos.

2.2.6 Implicaciones medioambientales de los refrigerantes

2.2.6.1 Introducción

El uso de los refrigerantes ha contribuido de manera significativa al deterioro ambiental global destruyendo la capa de ozono y contribuyendo al efecto invernadero. Con distintos protocolos internacionales, se ha intentado paliar la situación, sin embargo, algunos refrigerantes alternativos, a pesar de lograr la disminución del efecto sobre la destrucción de la capa de ozono, aportan al cambio climático generado por la emisión de los gases de efecto invernadero.

La destrucción de la capa de ozono ha sido uno de los problemas ambientales más graves en los últimos años.

El ozono (O₃) presente en la estratosfera, forma un escudo que nos protege de los rayos ultravioletas provenientes del sol. Estos, pueden ser altamente perjudiciales en altas dosis. Con la actividad industrial, el hombre ha desarrollado productos que cuando llegan a la estratosfera deterioran la capa de ozono, lo que implica profundos desgastes y deterioro para la vida de los seres vivos y su supervivencia.

Para un desarrollo sostenible, es vital continuar con la actividad industrial, buscando alternativas que minimicen el impacto ambiental. Estas pueden ser; refrigerantes sustitutos, control de fugas, prohibición de sustancias altamente contaminantes... Con ello se ha de lograr detener la destrucción y, a ser posible, regenerar la capa de ozono así como reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

2.2.6.2 Convenio de Viena

El Convenio de Viena, reunido en 1985 bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), fue el primer intento de proporcionar un marco de cooperación para las actividades orientadas a la protección de la capa de ozono.

Las Partes de la Convención acordaron colaborar en la investigación, compartir información y poner en marcha medidas preventivas para controlar las emisiones de refrigerantes que dañan la capa de ozono.

Fue firmado por 21 estados, incluida la Comunidad Europea.

2.2.6.3 Protocolo de Montreal

Estableció los programas y las fechas para prescindir del uso de agotadores de la capa de ozono reduciendo primeramente su uso para finalmente eliminarlo por completo. Fue firmado en 1987 y entró en vigor el 1 de enero de 1989. El acuerdo ha sido ratificado por 197 países. Entre los acuerdos alcanzados estaban; la eliminación de la producción y el uso de los CFCs antes del año 2010, restricciones de importación y exportación y la creación de un mecanismo de financiación.

A lo largo de los años el protocolo ha tenido cinco enmiendas:

Enmienda de Londres.

Enmienda de Copenhague.

Se incluyeron el bromuro de metilo, los HCFC Y HBFC como sustancias controladas.

Enmienda de Montreal.

Los países en vía de desarrollo acordaron eliminar los HCFC para el año 2030 posibilitando, no obstante, la utilización de los mismos para mantener equipos hasta el año 2040.

Enmienda de Beijing

Enmienda de Kigali.

El 15 de octubre de 2016 cerca de 200 países se comprometieron a reducir el consumo de HFC en países desarrollados en el año 2019. El acuerdo establece lo siguiente:

- Los países desarrollados reducirán un 10 % de estos gases antes de 2019 (sobre la base de los empleados en 2011-2013) y un 85 % antes de 2036.
- Unos cien países en desarrollo congelarán su uso para 2024, lo reducirán un 10 % para 2029 y un 80 % para 2045.
- Otros países han negociado comenzar más tarde la reducción, bajarán un 10 % para 2032 y un 85 % para 2047.

Todas estas medidas podrían suponer la reducción de medio grado centígrado el calentamiento durante este siglo según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

3. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO

3.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO

El presente proyecto tiene como finalidad justificar y definir los elementos necesarios para la climatización de un puente de gobierno de un petrolero cuya zona de trabajo es el mar Mediterráneo.

El puente consta de dos espacios: el propio puente de 69,15 m², con amplias cristalerías y una altura promedio de 2.4m, y las escaleras que lo conectan con la cubierta inferior de 1,41 m². Dispone a su vez de dos puertas que dan al exterior. Encima del puente existe otra cubierta.

Para la realización del trabajo se han tenido en cuenta las especificaciones facilitadas por el armador. El principal objetivo es mantener la temperatura interior en 22°C y un 50% de humedad relativa tanto en invierno como en verano.

A la hora de realizar el diseño del proyecto se ha evitado superar el nivel de ruidos establecido en el código evaluador que establece IMO en su resolución A468 (XII) que para el puente de gobierno es de 65 dB(A). Además, se cumple con toda la normativa vigente tanto nacional como internacional.

3.2 ALCANCE DEL TRABAJO

El alcance de este proyecto consta del cálculo, diseño, selección y justificación de los elementos que forman la instalación de climatización del puente de gobierno, incluyendo los siguientes apartados:

- a) Cálculos que justifican los componentes seleccionados.
- b) Planos y esquemas.
- c) Normativa aplicada.
- d) Presupuesto.
- e) Pliego de condiciones.
- f) Estudio de seguridad.
- g) Guía de mantenimiento de la instalación.

4. DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

4.1 DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS

Las condiciones de diseño solicitadas por el armador son las siguientes:

- Tensión fuerza: 3 x 400 V / 50 Hz
- Tensión maniobra: 1 x 220 V / 50 Hz
- Condiciones termo higrométricas del aire:

Condiciones de invierno

Condiciones externas	
Temperatura	0 ° C
Humedad relativa	70 %
Entalpia	6,63 KJ/Kg

Tabla 4-1. Condiciones externas de invierno

Condiciones internas	
Temperatura	22 ° C
Humedad relativa	50 %
Entalpia	43,022 KJ/Kg

Tabla 4-2. Condiciones internas de invierno

Condiciones de verano

Condiciones externas	
Temperatura	40 ° C
Humedad relativa	70 %
Entalpia	126,24 KJ/Kg

Tabla 4-3. Condiciones externas de verano

Condiciones internas	
Temperatura	22 ° C
Humedad relativa	50 %
Entalpia	43,022 KJ/Kg

Tabla 4-4. Condiciones internas de verano

- Sistema a emplear: Expansión directa de gas refrigerante R407C.
- Sistema de condensación: Agua de mar.
- Coeficientes de transmisión utilizados:

Coeficientes de transferencia de calor por convección	
Suelo y techo	1,45 W/m ² °C
Paredes	1 W/m ² °C
Ventanas	2,5 W/m ² °C
Marcos ventanas	1,8 W/m ² °C
Puertas exteriores	1,8 W/m ² °C

Tabla 4-5. Coeficientes de transferencia de calor por convección

- Renovaciones de aire:

Los cálculos se han hecho con 18 renovaciones a la hora.

El 50% del volumen del aire será recirculado. El 50% restante será aire fresco procedente del exterior.

- Cumplir con los estándares de la sociedad de clasificación Lloyd´s Register.

4.2 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Pese a ser un sector muy importante, facturando millones de euros al año en todo el mundo, la industria del frío suele pasar desapercibida. Más si cabe la del sector naval. Son muy pocas las empresas dedicadas al desarrollo de ingeniería, suministro, montaje y mantenimiento de sistemas de aire acondicionado y refrigeración en buques. En Bizkaia, Frivasa y Frizonia. Esta última, dispone de sedes en distintos sitios del estado. Otra

empresa estatal es la gallega Kinarca. A nivel internacional cabe destacar Novenco y Technoterm.

Como toda industria, en la del frío también se trata de innovar y de modernizarse. No obstante, no ha existido un cambio significativo desde hace mucho tiempo. Hoy en día se investigan los siguientes puntos:

- Mejora de la eficiencia de los equipos. Se intenta conseguir un mayor rendimiento tanto térmico como eléctrico de los diferentes equipos que componen el sistema.
- Obtención del refrigerante ideal. Debido a la contaminación y cambio climático se han prohibido el uso de ciertos refrigerantes. En cualquier caso, lo que se trata de conseguir es un refrigerante con buenas propiedades y que no sea perjudicial para el medio ambiente.
- Mejora y optimización de equipos de medición y control.

5. ANALISIS DE RIESGOS

5.1 FINALIDAD DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD

El presente estudio sobre Seguridad y Protección Laboral establece una serie de normas y recomendaciones relativos a la previsión de riesgos de accidentes laborales, enfermedades profesionales y protección y seguridad en las tareas de montaje y mantenimiento referidas a la instalación sobre la que trata el proyecto. [5]

5.2 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

5.2.1 Lucha contra incendios

Todos los miembros de la tripulación deberá conocer su ubicación y saber utilizarlos. Estos, deberán mantenerse en perfecto estado, encontrarse en su lugar y estar preparados para su uso inmediatamente.

5.2.2 Ventilación de los lugares de trabajo

Se intentará que los lugares de trabajo cerrados dispongan de aire fresco en cantidad suficiente. En caso de utilizar ventilación mecánica, deberá mantenerse en buen estado.

5.2.3 Temperatura de los locales

La temperatura de los locales de trabajo deberá ser adecuada durante el tiempo de trabajo, adaptándose a la época, condiciones externas y tipo de trabajo.

5.2.4 Iluminación de los lugares de trabajo

Los lugares de trabajo deberán recibir luz natural suficiente cuando sea posible y estar equipados con iluminación artificial que se adecue a las necesidades del local.

5.2.5 Suelos, mamparos y techos

Los lugares de trabajo deberán estar provistos de aislamiento acústico y térmico suficiente, variando en cada caso, según las necesidades propias de cada espacio.

5.2.6 Puertas

Las puertas deberán poder abrirse desde el interior del espacio de trabajo.

5.2.7 Ruido

Se intentará reducir el nivel de ruido de los lugares de trabajo adoptando las medidas necesarias en la medida de lo posible.

5.2.8 Instalación mecánica y eléctrica

La instalación eléctrica se realizará de modo que no presente ningún peligro y que garantice:

- La seguridad y la disminución de los riesgos, en la medida de lo posible, durante el montaje. Para ello ha de adecuarse la zona de trabajo con el objeto de disminuir la peligrosidad y los trabajadores deberán usar los equipos de protección individual adecuados para cada tarea.
- La protección contra los peligros eléctricos.
- Sin recurrir a fuentes externas, el funcionamiento de los equipos necesarios para el mantenimiento del buque en condiciones de habitabilidad y operación.

Los cuadros eléctricos deberán disponer de indicaciones claras y se deberán mantener en buenas condiciones, realizando un mantenimiento adecuado.

Los sistemas de refrigeración y climatización deberán ser instalados, revisados y mantenidos de forma adecuada, siempre por personal debidamente cualificado.

Ningún trabajo deberá hacerse en los cables, interruptores o controles sin haber comprobado que la máquina ha sido desconectada de la corriente. Cualquier inspección de las máquinas se hará sin tensión.

Deberá disponer de una línea de tierra todo circuito. Evitar operar las máquinas que no dispongan de línea a tierra. [5]

5.3 MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

5.3.1 Compresores

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Transporte, reparaciones o sustitución.	Caídas, golpes y sobreesfuerzo.	<p>Usar herramientas adecuadas</p> <p>Utilizar calzado y guantes de protección</p> <p>Fijar el compresor a la bancada para evitar que se mueva o caiga</p> <p>En caso de ruido elevado</p>

Cambios de aceite y manipulación de refrigerante		utilizar protección auditiva
		Siempre que sea posible sustituir la manipulación manual utilizando equipos mecánicos
	Intoxicación, congelación rápida, asfixia.	Usar guantes de protección química y de baja temperatura
		Usar gafas de seguridad
		En locales cerrados facilitar la ventilación
	Irritaciones de la piel	No encender llamas
		No fumar

Tabla 5-1. Compresores

5.3.2 Condensadores

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Limpieza química	Cortes y golpes por manejo de herramientas	Usar guantes de protección y gafas de seguridad
		Usar botas para agua y ropa impermeable
	Manipulación de productos químicos	No efectuar mezclas
		Consultar las

Limpieza mecánica	Uso de bomba de recirculación	instrucciones de seguridad de los productos químicos
		Procurar tener una buena ventilación
	Uso de agua y productos químicos con pistola a presión.	Etiquetar correctamente los envases
	Proyección de partículas	Utilizar herramientas adecuadas
		Utilizar gafas de seguridad
	Caídas de pieza y malas posturas	Evitar posturas forzadas de trabajo

Tabla 5-2. Condensadores

5.3.3 Unidad de tratamiento de aire

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Mantenimiento	Proyección de partículas	
	Peligro eléctrico	Comprobar los aparatos eléctricos sin energía eléctrica
	Presencia de productos químicos	Usar guantes, gafas de seguridad y mascarilla con filtro
	Atrapamientos y golpes	

	durante la manipulación de correas de transmisión	Usar escaleras de tijera o plataformas elevadoras
	Agentes biológicos en los filtros de aire	Utilizar las protecciones de las poleas y motores

Tabla 5-3. UTA

5.3.4 Conductos de aire

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Mantenimiento	Cortes con esquinas	Usar escaleras de tijera o plataformas elevadoras
	Exposición a amianto, fibra de vidrio y residuos biológicos	Utilizar guantes anticorte
	Polvo en suspensión y caídas de alturas	Utilizar gafas de seguridad y mascarilla frente a partículas

Tabla 5-4. Conductos de aire

5.3.5 Bombas hidráulicas

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Mantenimiento	Manipulación de productos químicos	Usar guantes de protección química
	Cortes y golpes	Parar el motor o poner las protecciones para las

		reparaciones
	Fluidos a presión	Utilizar herramientas adecuadas
	Atrapamientos con partes móviles	Utilizar gafas de seguridad

Tabla 5-5. Bombas hidráulicas

5.3.6 Tuberías y válvulas

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Mantenimiento	Fluidos a presión	Usar botas antideslizantes y guantes de protección
	Caídas y resbalones	Utilizar herramientas adecuadas y en buen estado
	Golpes y cortes	Utilizar arnés en caso de ser necesario
	Contacto con grasas y aceites	Usar gafas de seguridad
	Proyección de partículas	

Tabla 5-6. Tuberías y válvulas

5.3.7 Trabajos en altura

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
---	Caídas de operarios desde	No alcanzar alturas con

	alturas	equipos inadecuados
		Cerrar aberturas y huecos
	Caídas de objetos sobre operarios	Utilizar escaleras con base antideslizante
		Vigilar que el lugar de trabajo esté limpio

Tabla 5-7. Trabajos en altura

5.3.8 Trabajos en solitario

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
---	Dificultad de establecer medidas de emergencia	Antes de comenzar los trabajos saber qué medidas de seguridad hay que tomar Informar antes de empezar a trabajar

Tabla 5-8. Trabajos en solitario

5.3.9 Espacios confinados

	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Mantenimiento e instalación	Caídas	Disponer de un compañero fuera
	Sobreesfuerzos	En caso de necesitar luz, utilizar lámparas de baja tensión
	Malas posturas	Disponer de un procedimiento de trabajo adecuado

	Inhalación de gases y humos	Utilizar herramientas adecuadas
--	-----------------------------	---------------------------------

Tabla 5-9. Espacios confinados

5.4 SEGURIDAD A LA HORA DE SOLDAR

A la hora de realizar la instalación será necesario soldar. Es por ello que es conveniente que los trabajadores tengan nociones de seguridad en trabajos de soldadura.

Cuando se realiza una soldadura se deberá contar con la protección personal y a las personas que trabajen alrededor. [6]

La mayoría de veces, los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes recomendaciones:

5.4.1 Protección personal

Es necesario utilizar el equipo de protección. El equipo consiste en:

- Máscara de soldar. Protege los ojos, la cara y el cuello
- Guantes de cuero de tipo mosquetero para proteger las manos y muñecas.
- Delantal de cuero, para protegerse de salpicaduras.
- Polainas y casaca de cuero.
- Zapatos de seguridad, que cubran los tobillos.



Figura 5-1. Accesorios para protección personal en soldadura

6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

6.1 RESUMEN DE LA INSTALACIÓN

La solución propuesta consta de los siguientes elementos:

- Una unidad condensadora, para funcionar con refrigerante R407C, diseñada para disipar el 100% de los requisitos demandados.
La unidad irá equipada con dos compresores de pistones abiertos (uno en standby) dos motores (uno en standby), y un condensador multitubular por agua de mar.
- Un climatizador para suministro de aire tratado. El climatizador estará equipado con un ventilador centrífugo, batería de refrigeración por expansión directa de R407C, batería de calefacción por resistencia eléctrica, filtros y compuertas de entrada de aire de recirculación (50%) y aire exterior (50%).
- Un sistema de ventilación mecánica. Para impulsión, a través de una red de conductos de chapa helicoidal, aislada.

6.2 ESPECIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

6.2.1 Planta frigorífica

Consta de:

- 1 Bancada construida con perfiles laminados en la cual se instalarían los compresores, motores, condensador, separador de aceite y accesorios complementarios.
- 2 Compresores abiertos marca Bitzer cada uno con capacidad de 58 kW Equipados con válvula de aspiración y descarga, bomba de aceite, resistencia de cárter y válvula de seguridad interna.
- 1 Recipiente de refrigerante, con capacidad para poder recoger todo el refrigerante de la instalación, equipado con visor de nivel, llaves de entrada y salida de líquido y llave de purga.
- 2 Motores eléctricos marca WEG de 18,5 kW
- 2 Juegos de transmisión, compuesto de poleas, volantes, correas y protecciones.

- 2 Separadores de aceite con retorno automático al cárter.
- 1 Condensador marino construido con carcasa de acero, haz tubular Cu/Ni 70/30, placas y bridas de conexión de acero inoxidable y tapas del mismo material. Este condensador está equipado con llaves de entrada de gas y salida de líquido.
- 1 Bomba centrífuga naval, marca Azcue para servicio de condensación.
- 2 Presostatos de alta y baja marca Danfoss. El de alta para protección de la instalación y el de baja para mando de paradas y arranques del compresor.
- 2 Presostatos diferencial aceite.
- 2 Manómetros para lectura de presión en la línea de descarga.
- 2 Manómetros de baja para lectura de la presión en la aspiración.
- 2 Manómetros de aceite.
- 1 Visor de líquido, colocado en el circuito de la unidad condensadora, con indicador de humedad.
- 1 Filtro deshidratador montado en el circuito de líquido con dos llaves manuales para su fácil sustitución.
- 1 Recipiente de líquido equipado con llaves y visor de nivel. Tendría la capacidad suficiente para recoger la totalidad del refrigerante de la instalación.
- 1 Válvula de seguridad montada en el condensador.
- 1 Válvula de retención montada a la entrada del condensador.
- 1 Válvula de expansión termostática montada en la batería de refrigeración, marca Danfoss.
- 1 Válvula de solenoide, para servicio de la batería.
- 2 Válvulas anti retorno.
- 1 Termostato ambiente con la sonda montada en la recuperación, que actuaría sobre la solenoide.
- 1 Cuadro eléctrico construido en caja metálica estanca, en la que están instalados los contactores con protecciones para el motor de compresor, transformador de maniobra y todos los elementos para el correcto funcionamiento.
- Tubería, llaves y accesorios, para cerrar el circuito de refrigerante.
- Carga de refrigerante R407C.

6.2.2 Climatizador

Consiste en un climatizador para servicio de los espacios de referencia. Esta unidad está diseñada para el 50% de aire fresco y el 50% de aire recirculado. El conjunto climatizador tendrá puertas para inspección batería y ventilador. Bastidor, paneles y bandejas del climatizador inoxidable.

6.2.2.1 Características Constructivas:

La envolvente está formada por tres elementos básicos que son los siguientes:

- Base de sustentación
- Estructura soporte
- Paneles de cierre

Base De Sustentación

Está formada por perfiles perimetrales de fuerte espesor que forman la estructura soporte del climatizador.

La base del climatizador que forma el mueble, podrá apoyarse directamente en el suelo o sobre una bancada formada por dos perfiles laminados en U de diferentes alturas o bien sobre amortiguadores de muelle que irán unidos directamente a la bancada.

Estructura Soporte

Está integrada por perfiles de chapa de 2 mm. de espesor, los cuales irán unidos entre sí mediante escuadras de aluminio según UNE - L-252. Esta unión se realizará mediante tornillos cadmiados M-8.

Paneles De Cierre

Los paneles de cierre estarán formados por paneles tipo sándwich aislados térmica y acústicamente con una plancha de fibra de vidrio incombustible aglomerada con resinas termoendurecibles. La densidad del panel es de 40 Kg/m³ pudiéndose utilizar hasta una temperatura de 300° C.

El valor K (conductividad térmica) aproximado del panel es de 1,28 Kc/h m² °C.

Los paneles de cierre apoyan sobre la estructura soporte a través de una junta de estanqueidad, quedando fijas a la misma por mediación de tornillos auto taladrantes. Dichos paneles se unirán entre sí mediante remaches internos.

Los paneles quedan unidos a un bastidor perfilado de acero, que se termina mediante cantoneras. Los momentos de torsión de los perfiles son absorbidos por las piezas de los vértices de la unidad. Los paneles son fácilmente desmontables, permitiendo el acceso al interior del climatizador para las labores de mantenimiento o para la extracción de cualquier componente del mismo.

6.2.2.2 Sección entrada y mezcla de aire

La toma de aire puede llevar una embocadura para acoplamiento a un conducto estando provista de dos compuertas de regulación. Una para aire exterior y otra para la recirculación.

Las compuertas de regulación podrán tener las aletas en paralelo o en oposición.

El accionamiento de la compuerta se realiza mediante un mando manual.

6.2.2.3 Sección de Filtros

Los filtros incluidos en nuestra oferta son de media eficacia, adecuados para garantizar las necesidades normales de pureza del aire, consistiendo en una media filtrante con una baja pérdida de carga y una elevada retención de polvo, con una eficacia gravimétrica según clasificación DIN de clase EU-4.

6.2.2.4 Sección de refrigeración

Compuesta por una batería de expansión directa de refrigerante, dimensionada para disipar el 100% de la capacidad total necesaria. Dicha batería estará construida con tubos de cobre y aletas de cobre, con separación entre aletas de 3 mm, con curvas soldadas a plata y equipada con un sistema de regulación.

El bastidor estará equipado con bandeja de drenaje de condensación, incluyendo varios tubos de desagüe al exterior y con suficiente altura para evitar el derrame del agua condensada provocado por los movimientos del buque.

6.2.2.5 Sección de calefacción

Compuesta por una batería eléctrica, dimensionada para disipar el 100% de la capacidad total necesaria.

6.2.2.6 Sección de Ventilación

Formado por una envolvente que aloja en su interior un ventilador centrífugo de doble oído, motor eléctrico, poleas, correas de transmisión y una bancada común de sujeción de todo el conjunto. La bancada es flotante y dotada de amortiguadores de baja frecuencia de resonancia, que pueden ser metálicos o de caucho natural. La boca de descarga del ventilador queda unida a la envolvente por una junta flexible que permite la eliminación de vibraciones y su posible transmisión a los conductos de aire. El ventilador será de reacción. Dicho ventilador presenta dos características principales; la primera es que su rodete transforma un alto porcentaje de su energía en presión, por lo que suelen tener mayores rendimientos que otro tipo de ventiladores y la otra es inherente a la forma de su curva de trabajo. Ésta presenta un máximo junto al punto de máximo rendimiento, siendo las dos curvas (potencia absorbida y rendimiento) muy similares. Esto quiere decir que si los motores se seleccionan según ese máximo de potencia, se cubriría todo el ámbito de funcionamiento, sin riesgos de que se puedan quemar, independientemente de las posibles variaciones en la presión. La curva de presión es más empinada que la de los ventiladores ordinarios, con álabes curvados hacia adelante, por lo que cualquier variación en la presión del sistema provocará pequeñas variaciones en el caudal de aire.

6.3 SISTEMA VENTILACIÓN Y DIFUSIÓN DE AIRE

6.3.1 Conductos de impulsión y retorno de aire acondicionado

El aire tratado en el climatizador será distribuido a cada local a través de un sistema de media presión, consistente en una red de conductos de sección circular, de las dimensiones adecuadas, para no sobrepasar una velocidad de 12 m/s. Dichos conductos estarán fabricados con chapa de acero de 0,7 mm. de espesor, galvanizados interior y

exteriormente, aislados con lana de roca "Type Approval", de 25mm de espesor , con una densidad de 40 kg/m3.

En cada terminal se instalará un difusor circular tipo BSE. Rejilla de retorno de aire de las dimensiones adecuadas. El sistema se completará con todas las piezas adicionales necesarias: enlaces e injertos para conductos, codos, derivaciones, uniones, reducciones, etc. y suportaciones mediante perfilería metálica.

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

***DOCUMENTO 2- METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL
DESARROLLO DEL TRABAJO***

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

Curso: 2017-2018

Fecha: Fecha: 17 de Julio de 2018

ÍNDICE

1 DESCRIPCIÓN DE TAREAS Y FASES DEL PROYECTO	39
1.1 TAREAS Y FASES DEL PROYECTO	39
2. DIAGRAMA DE GANTT	40
3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	41
3.1 CÁLCULOS TÉRMICOS.....	41
3.1.1 Condiciones tergo higrométricas	41
3.1.1.1 Condiciones de invierno	41
3.1.1.2 Condiciones de verano.....	41
3.1.2 Cálculo de áreas	42
3.1.3 Cálculo del caudal de aire a tratar.....	43
3.1.4 Cálculo del caudal másico	43
3.1.5 Cálculo de refrigeración	43
3.1.5.1 Cálculo de flujo de calor transmitido por cerramientos Q_A	43
3.1.5.2 Cálculo de Q_1 potencia calorífica entre techo y sobrepunte	44
3.1.5.3 Cálculo de Q_2 potencia calorífica entre el suelo y la cubierta inferior	44
3.1.5.4 Cálculo de Q_3 potencia calorífica entre la pared y el exterior.....	44
3.1.5.5 Cálculo de Q_4 potencia calorífica entre las ventanas y el exterior	44
3.1.5.6 Cálculo de Q_5 potencia calorífica entre las puertas y el exterior.....	44
3.1.5.7 Cálculo de Q_6 potencia calorífica entre los marcos de las ventanas y el exterior	44
3.1.5.8 Cálculo de Q_a cerramientos.....	45
3.1.5.9 Calculo de las perdidas por renovaciones de aire Q_F	45
3.1.5.10 Cálculo de calor desprendido por aparatos electrónicos e iluminación	45
3.1.5.11 Cálculo de la potencia de frio total.....	45
3.1.6 Cálculo de calefacción	46
3.1.6.1 Cálculo de flujo de calor transmitido por cerramientos Q_A	46
3.1.6.2 Cálculo de Q_1 potencia calorífica entre techo y sobrepunte.....	46
3.1.6.3 Cálculo de Q_2 potencia calorífica entre el suelo y la cubierta inferior	46
3.1.6.4 Cálculo de Q_3 potencia calorífica entre la pared y el exterior.....	46
3.1.6.5 Cálculo de Q_4 potencia calorífica entre las ventanas y el exterior	46
3.1.6.6 Cálculo de Q_5 potencia calorífica entre las puertas y el exterior.....	46
3.1.6.7 Cálculo de Q_6 potencia calorífica entre los marcos de las ventanas y el exterior	46
3.1.6.8 Cálculo de Q_a cerramientos.....	46
3.1.6.9 Cálculo de las perdidas por renovaciones de aire Q_F	47
3.1.6.10 Cálculo de la potencia de calefacción total.....	47
3.2 CÁLCULO DEL COMPRESOR	47
3.2.1 Introducción	47
3.2.2 Descripción compresores alternativos de pistón.....	48
3.2.2 Cálculo.....	49
3.3 CÁLCULO DE TUBERÍAS	49
3.3.1 Velocidades de circulación.....	49
3.3.2 Cálculo.....	50
3.3.2.1 Línea de liquido.....	50
3.3.2.2 Línea de aspiración.....	50
3.3.2.3 Línea de descarga	51
3.4 CÁLCULO DE VÁLVULA DE EXPANSIÓN.....	52
3.4.1 Definición.....	52
3.4.2 Funcionamiento.....	52

3.4.3 Cálculo.....	53
3.5 CÁLCULO DE CONDUCTOS.....	54
3.5.1 Método de cálculo	56
3.5.2 Conductos de impulsión	56
3.5.3 Conductos de retorno	60
3.5.4 Conductos de extracción	60
3.6 CÁLCULO DEL CONDENSADOR.....	60
3.6.1 Definición de condensador	60
3.6.2 Condensadores enfriados por agua	60
3.6.3 Cálculo.....	62
4. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	64
4.1 SELECCIÓN DEL COMPRESOR	64
4.2 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO.....	65
4.3 SELECCIÓN DEL CLIMATIZADORA.....	67
4.4 SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN	71
4.5 SELECCIÓN DEL CONDENSADOR.....	72
4.6 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA.....	72
4.7 SELECCIÓN DEL SEPARADOR DE ACEITE	73

1 DESCRIPCIÓN DE TAREAS Y FASES DEL PROYECTO

1.1 TAREAS Y FASES DEL PROYECTO

Primeramente, cabe destacar que a la hora del diseño y cálculo de este proyecto no se han seguido los tiempos como si de un proyecto real se tratase. Esto es debido a que en la vida real existe un continuo feedback con el astillero y/o armador para consultar dudas, hacer modificaciones y plantear problemas. Es por ello que al no haber tenido este retraso de tiempo el diseño ha sido considerablemente más rápido.

No obstante, las tareas y fases descritas a continuación son las de un proyecto real.

Las fases son las siguientes:

- 1) Elaboración de anteproyecto. Cuando llega la solicitud de anteproyecto se suele adjuntar la especificación técnica de la instalación y los requerimientos de la misma. Tras realizar cálculos térmicos y económicos se les realiza una oferta.
- 2) Visto bueno del presupuesto. En caso de que el astillero de el visto bueno se continua con las fases. De lo contrario el proyecto acabaría aquí.
- 3) Dimensionamiento de equipo frigorífico. Como ya se dispone de los cálculos de cargas térmicas se procede a dimensionar el ciclo, compresor, tubería de refrigeración y valvulería.
- 4) Dimensionamiento de equipo hidráulico. En esta fase se calculan las unidades Fan-coils (si las hubiera), se dimensiona la tubería y valvulería hidráulica y se calcula el grupo de presión.
- 5) Diseño del control del sistema. Consiste en seleccionar los componentes eléctricos del sistema además de seleccionar los elementos de control.
- 6) Acopio de materiales. En esta fase simplemente se contacta con los proveedores y se compran todos los materiales y elementos necesarios para el proyecto.
- 7) Fabricación de equipos. Consiste en fabricar todos los equipos que no se hayan comprado (en este caso el condensador y recipiente de líquido), y montar toda la bancada.
- 8) Instalación de equipos. Para la realización de esta fase es necesario ir al buque. Se entrega la maquinaria, se instalan los equipos a bordo y se montan tuberías y conductos.
- 9) Puesta en marcha y pruebas. Por último se pone en marcha la instalación y se comprueba que todos los equipos funcionan perfectamente.

3. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

3.1 CÁLCULOS TÉRMICOS

Para la realización de los cálculos de potencias de frío y calor es necesario conocer una serie de parámetros previos.

3.1.1 Condiciones tergo higrométricas

Los valores de las entalpías se han calculado mediante el software para cálculos psicrométricos del Departamento de Máquinas y Motores Térmicos de la EHU.

3.1.1.1 Condiciones de invierno

Condiciones externas	
Temperatura	0 ° C
Humedad relativa	70 %
Entalpia	6,63 KJ/Kg

Tabla 3-1. Condiciones externas de invierno

Condiciones internas	
Temperatura	22 ° C
Humedad relativa	50 %
Entalpia	43,022 KJ/Kg

Tabla 3-2. Condiciones internas de invierno

3.1.1.2 Condiciones de verano

Condiciones externas	
Temperatura	40 ° C
Humedad relativa	70 %
Entalpia	126,24 KJ/Kg

Tabla 3-3. Condiciones externas de verano

Condiciones internas	
Temperatura	22 ° C
Humedad relativa	50 %
Entalpia	43,022 KJ/Kg

Tabla 3-4. Condiciones internas de verano

3.1.2 Cálculo de áreas

El área total tanto del suelo como del techo es de 70,56 m². No obstante, el área útil del puente es de 69,15 m². La diferencia entre ambas se debe a las escaleras que conectan el puente con la cubierta inferior.

Existen 27 ventanas de 1m² cada una con su correspondiente marco de 0,21m². Además de 2 puertas exteriores y una interior, todas ellas de 2m². El perímetro total es de 31,82m y la altura de 2,4m.

El área exterior total será el producto de la altura y el perímetro del puente:

$$A_{\text{ext total}} = 31,82\text{m} \cdot 2,4\text{m} = 76,37\text{m}^2 \quad [\text{EC.1}]$$

Cálculo del área total de las ventanas:

$$A_{\text{ventanas}} = 27 \cdot 1\text{m}^2 = 27\text{m}^2 \quad [\text{EC.2}]$$

Calculo del área de los marcos de las ventas :

$$A_{\text{marcos}} = 0,21\text{m}^2 \cdot 27 = 5,67\text{m}^2 \quad [\text{EC.3}]$$

Calculo del área de las puertas exteriores:

$$A_{\text{puertas ext}} = 2 \cdot 2\text{m}^2 = 4\text{m}^2 \quad [\text{EC.4}]$$

Calculo del área de las puertas interiores:

$$A_{\text{puertas int}} = 1 \cdot 2\text{m}^2 = 2\text{m}^2 \quad [\text{EC.5}]$$

Calculo del área de las paredes

$$A_{\text{paredes}} = A_{\text{ext total}} - A_{\text{ventanas}} - A_{\text{marcos}} - A_{\text{puertas ext}} - A_{\text{puertas int}} \quad [\text{EC.6}]$$

$$A_{\text{paredes}} = 76,37\text{m}^2 - 27\text{m}^2 - 5,67\text{m}^2 - 4\text{m}^2 - 2\text{m}^2 = 37,7\text{m}^2$$

RESUMEN DE AREAS

Suelo y techo total	70,56 m ²
Suelo y techo útil	69,15 m ²
Paredes	37,7 m ²
Ventanas	27 m ²
Marcos ventanas	5,67 m ²
Puertas exteriores	4 m ²

Tabla 3-5. Resumen de áreas

3.1.3 Cálculo del caudal de aire a tratar

$$\text{Área puente} = 69,15 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura puente} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Volumen puente} = 69,15 \text{ m}^2 \cdot 2,4 = 165,96 \text{ m}^3 \quad [\text{EC.7}]$$

$$\text{Área escaleras} = 1,41 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura escaleras} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Volumen escaleras} = 1,41 \text{ m}^2 \cdot 2,2 = 3,10 \text{ m}^3 \quad [\text{EC.8}]$$

$$\text{Volumen total} = 165,96 \text{ m}^3 + 3,10 \text{ m}^3 = 169,06 \text{ m}^3 \quad [\text{EC.9}]$$

Número de renovaciones de aire : 18 renovaciones / hora

$$\text{Caudal a tratar} = \text{Volumen total} \cdot \text{n}^\circ \text{ de renovaciones} = 169,06 \text{ m}^3 \cdot 18 \text{ ren/h} = 3043,08 \text{ m}^3 / \text{h} \quad [\text{EC.10}]$$

3.1.4 Cálculo del caudal másico

Se tomará el valor de la densidad del aire como $1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$$\dot{m} = 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 3043,08 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 3651,69 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 1,014 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \quad [\text{EC.11}]$$

Coefficientes de transferencia de calor por convección

Suelo y techo	1,45 W/m ² °C
Paredes	1 W/m ² °C
Ventanas	2,5 W/m ² °C
Marcos ventanas	1,8 W/m ² °C
Puertas exteriores	1,8 W/m ² °C

Tabla 3-6. Coeficientes de transferencia de calor por convección

Los valores de las entalpías se han calculado mediante el software para cálculos psicrométricos del Departamento de Máquinas y Motores Térmicos de la EHU.

3.1.5 Cálculo de refrigeración

[6] Para el cálculo de la refrigeración habrá que tener en cuenta todas las fuentes que generan o transmiten calor.

3.1.5.1 Cálculo de flujo de calor transmitido por cerramientos Q_A

La cantidad de calor que es capaz de traspasar un muro en relación a su espesor, en régimen estacionario, y a cuyos lados existen temperaturas distintas. La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$Q = K \times S \times \Delta T \quad [\text{EC.12}]$$

Dónde:

Q = Cantidad de calor que atraviesa la pared (en W)

K = Coeficiente de transmisión de calor de la pared (en W/m² K)

S = Superficie de la pared (en m²)

ΔT = Diferencia de temperaturas a ambos lados de la pared (en °C "o" K)

Es necesario calcular por separado las pérdidas en suelo, techo, puertas, paredes y cristales ya que poseen un coeficientes de transmitancia térmica distintos.

3.1.5.2 Cálculo de Q₁ potencia calorífica entre techo y sobrepunte

Al ser las temperaturas iguales Q₁ = 0

3.1.5.3 Cálculo de Q₂ potencia calorífica entre el suelo y la cubierta inferior

Al ser las temperaturas iguales Q₂ = 0

3.1.5.4 Cálculo de Q₃ potencia calorífica entre la pared y el exterior

$$Q_3 = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 37,7\text{m}^2 \cdot (40^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 678,6 \text{ W} \quad [\text{EC.13}]$$

3.1.5.5 Cálculo de Q₄ potencia calorífica entre las ventanas y el exterior

$$Q_4 = 2,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 27\text{m}^2 \cdot (40^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 1215 \text{ W} \quad [\text{EC.14}]$$

3.1.5.6 Cálculo de Q₅ potencia calorífica entre las puertas y el exterior

$$Q_5 = 1,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 4\text{m}^2 \cdot (40^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}) = 129,6 \text{ W} \quad [\text{EC.15}]$$

3.1.5.7 Cálculo de Q₆ potencia calorífica entre los marcos de las ventanas y el exterior

$$Q_6 = 1,8 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 5,67 m^2 \cdot (40^\circ C - 22^\circ C) = 183,7 W \quad [EC.16]$$

3.1.5.8 Cálculo de Q_a cerramientos

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0 W \\ Q_2 &= 0 W \\ Q_3 &= 678,6 W \\ Q_4 &= 1215 W \\ Q_5 &= 129,6 W \\ Q_6 &= 183,7 W \end{aligned}$$

$$Q_A = 2206,9 W = 2,20 KW$$

3.1.5.9 Calculo de las perdidas por renovaciones de aire Q_B

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta H \quad [EC.17]$$

Dónde:

Q = Cantidad de calor (en KW)

\dot{m} = Caudal másico de aire renovado (en Kg/s)

ΔH = Diferencia de entalpias entre el aire exterior e interior (en KJ/Kg)

$$Q = 1,014 \frac{Kg}{s} \cdot (126,24 - 43,02) \frac{KJ}{Kg} = 84,38 KW \quad [EC.18]$$

Al disponer de una recirculación de aire del 50%, hay que multiplicar la potencia total por este factor. Resultando la potencia total por renovaciones de aire de:

$$Q_B = 84,38 KW \cdot 50\% = 42,19 KW \quad [EC.19]$$

3.1.5.10 Cálculo de calor desprendido por aparatos electrónicos e iluminación

Al no disponer de los datos suficientes para la realización del cálculo, se incrementa en un 5% el coeficiente de seguridad en el cálculo de la potencia total.

3.1.5.11 Cálculo de la potencia de frio total

CALOR TRANSMITIDO POR CERRAMIENTOS Q_A	2,20 KW
PERDIDAS POR RENOVACIONES DE AIRE Q_B	42,19KW
POTENCIA DE FRIO	44,39KW
COEF. DE SEGURIDAD 10%+5% (ILUMINACIÓN Y ELECTRÓNICA)	15%

CARGAS TOTALES DE REFRIGERACIÓN	51,04 KW
---------------------------------	----------

3.1.6 Cálculo de calefacción

3.1.6.1 Cálculo de flujo de calor transmitido por cerramientos Q_A

La cantidad de calor que es capaz de traspasar un muro en relación a su espesor, en régimen estacionario, y a cuyos lados existen temperaturas distintas. La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$Q = K \times S \times \Delta T \quad [\text{EC.20}]$$

Dónde:

Q = Cantidad de calor que atraviesa la pared (en W)

K = Coeficiente de transmisión de calor de la pared (en W/m² K)

S = Superficie de la pared (en m²)

ΔT = Diferencia de temperaturas a ambos lados de la pared (en °C "o" K)

Es necesario calcular por separado las pérdidas en suelo, techo, puertas, paredes y cristales ya que poseen un coeficientes de transmitancia térmica distintos.

3.1.6.2 Cálculo de Q_1 potencia calorífica entre techo y sobrepunte

Al ser las temperaturas iguales $Q_1 = 0$

3.1.6.3 Cálculo de Q_2 potencia calorífica entre el suelo y la cubierta inferior

Al ser las temperaturas iguales $Q_2 = 0$

3.1.6.4 Cálculo de Q_3 potencia calorífica entre la pared y el exterior

$$Q_3 = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 37,7\text{m}^2 \cdot (22^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 829,4\text{W} \quad [\text{EC.21}]$$

3.1.6.5 Cálculo de Q_4 potencia calorífica entre las ventanas y el exterior

$$Q_4 = 2,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 27\text{m}^2 \cdot (22^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 1485\text{W} \quad [\text{EC.22}]$$

3.1.6.6 Cálculo de Q_5 potencia calorífica entre las puertas y el exterior

$$Q_5 = 1,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 4\text{m}^2 \cdot (22^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 158,4\text{W} \quad [\text{EC.23}]$$

3.1.6.7 Cálculo de Q_6 potencia calorífica entre los marcos de las ventanas y el exterior

$$Q_6 = 1,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 5,67\text{m}^2 \cdot (22^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 224,53\text{W} \quad [\text{EC.24}]$$

3.1.6.8 Cálculo de Q_a cerramientos

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= 0 \text{ W} \\
 Q_2 &= 0 \text{ W} \\
 Q_3 &= 829,4 \text{ W} \\
 Q_4 &= 1485 \text{ W} \\
 Q_5 &= 158,4 \text{ W} \\
 Q_6 &= 224,53 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$Q_A = 2697,33 \text{ W} = 2,67 \text{ KW}$$

3.1.6.9 Cálculo de las pérdidas por renovaciones de aire Q_B

$$Q_B = \dot{m} \cdot \Delta H \quad [\text{EC.25}]$$

Donde:

P = Potencia de calefacción en KW

\dot{m} = Caudal másico en $\frac{\text{Kg}}{\text{s}}$

ΔH = Diferencia de entalpias del aire en $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$Q_B = 1,014 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot \frac{(42,022 - 6,63) \text{ KJ}}{\text{Kg}} = 36,90 \text{ KW} \quad [\text{EC.26}]$$

Al disponer de una recirculación de aire del 50%, hay que multiplicar la potencia total por este factor. Resultando la potencia total por renovaciones de aire de:

$$Q_B = 36,90 \text{ KW} \cdot 50\% = 18,45 \text{ KW} \quad [\text{EC.27}]$$

3.1.6.10 Cálculo de la potencia de calefacción total

CALOR TRANSMITIDO POR CERRAMIENTOS Q_A	2,67 KW
CALCULO DE LAS PERDIDAS POR RENOVACIONES DE AIRE Q_B	18,45 KW
<hr/>	
POTENCIA DE CALOR	21,12 KW
COEF. DE SEGURIDAD 10%	10%

CARGAS TOTALES DE CALEFACCIÓN	23,23 KW
-------------------------------	----------

3.2 CÁLCULO DEL COMPRESOR

3.2.1 Introducción

Los compresores son dispositivos encargados de hacer pasar el refrigerante desde la presión de evaporación a la presión de condensación. Para conseguirlo, hay que hacer un aporte de trabajo exterior.

El motor y el cilindro de trabajo forman una unidad compacta denominada compresor. En el interior se encuentra el aceite necesario para su lubricación que se puede mezclar con

el refrigerante durante el recorrido por el circuito frigorífico, volviendo nuevamente a depositarse en el compresor.

Los compresores que se utilizan normalmente en las instalaciones industriales de refrigeración son los alternativos de pistón. Este tipo de compresor puede ser, abierto, hermético o semihermético. [2]

3.2.2 Descripción compresores alternativos de pistón

El cuerpo del compresor es generalmente de fundición y viene dividido en dos partes: bloque del cilindro y cárter. Las paredes de los cilindros van pulidas o dotadas de camisas mecanizadas. La parte exterior del cuerpo del compresor tiene aletas para facilitar el enfriamiento del bloque de los cilindros.

En el cuerpo del compresor están dispuestos los cojinetes del cigüeñal.

Las válvulas de admisión y de escape son diferentes. La válvula de admisión abre cuando la diferencia entre la presión en la aspiración y del interior equilibra la fuerza de un resorte. La válvula de escape abre cuando la diferencia de presiones entre el interior del cilindro y la línea de impulsión iguala la fuerza del resorte.

El recorrido máximo del pistón, igual al doble de la longitud de la manivela, se denomina carrera, debiendo ser algo inferior a la longitud del cilindro para evitar que el pistón golpee contra el plato de válvulas durante la carrera ascendente.

La posición más alta del émbolo se denomina punto muerto superior PMS y la más baja punto muerto inferior PMI.

Cuando el pistón se encuentra en su PMS existe una pequeña fracción del volumen del cilindro que permanece llena de gas al que se denomina espacio muerto.

Para elegir un compresor alternativo es necesario especificar una serie de características del mismo, como son:

- La relación de compresión
- El caudal volumétrico
- La potencia absorbida

Se ha de evitar la presencia de líquido al final de la compresión. Aunque no sea en cantidad suficiente como para averiar el compresor, al comenzar la carrera descendente del pistón e iniciarse la expansión, las gotas de líquido tienden a evaporarse aumentando el tiempo que tarda en abrir la válvula de admisión y disminuyendo de esta forma el rendimiento volumétrico.

Los compresores alternativos se pueden clasificar por:

1. Número de etapas
 - 1.1. Compresores de una etapa
 - 1.2. Compresores de dos etapas
2. Modo de trabajar del pistón
 - 2.1. De simple efecto
 - 2.2. De doble efecto
 - 2.3. De etapas múltiples
 - 2.4. De pistón diferencial
3. Número y disposición de los cilindros

- 3.1. Disposición vertical
- 3.2. Disposición horizontal
- 3.3. Disposición en L
- 3.4. Disposición en V

La mayoría de los compresores se diseñan para trabajar en unas condiciones operativas fijas y determinadas, de acuerdo con el proceso al que van destinados. No obstante, siempre se pueden presentar emergencias que obliguen a variaciones en las condiciones de operación.

3.2.2 Cálculo

El cálculo y la elección del compresor se ha realizado mediante el Software de Bitzer.

Valores de entrada:

Refrigerante R407C
Temperatura de referencia Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación 7,50 °C
Temp. de condensación 40,0 °C
Recalentamiento de gas aspirado 10,00 K
Recalentamiento útil 100%
Velocidad del motor 1450 /min
Entrenamiento Acopla. (1:1)
Regulador de capacidad 100%

Resultado:

Compresor 4N.2Y
Potencia frigorífica 58,1 kW
Potencia en el eje 11,84 kW
Capacidad del condensador 69,7 kW
COP 4,89
Caudal másico 1226 kg/h
Modo de funcionamiento Acopla. (1:1)
Velocidad compresor 1450 /min
Motor necesario 15 kW
Temp. Gas de descarga no enfriado 68,1 °C

3.3 CÁLCULO DE TUBERÍAS

La selección correcta del diámetro de las tuberías es fundamental para asegurar el retorno de aceite al compresor, para garantizar el normal funcionamiento de la válvula de expansión y el buen funcionamiento de la instalación. [2]

3.3.1 Velocidades de circulación

Es indispensable aplicar las velocidades suficientes a los gases para que sean capaces de arrastrar al aceite. Sin embargo, no se puede aumentar demasiado la velocidad porque conllevaría aumentar la pérdida de presión, e indirectamente el consumo de energía. En

cuanto a la velocidad, hay que tomar un valor que garantice el arrastre del aceite limitando las pérdidas de presión. Es por eso que hay que respetar los siguientes límites:

- Línea de líquido: velocidad máxima: 1,5 m/s. Más allá, nos exponemos a ruidos, vibraciones, golpes de ariete y un desgaste prematuro de componentes.
- Línea de aspiración: velocidad máxima:15 m/s. Más allá, nos exponemos a ruidos y de vibraciones; velocidad mínima: 7 m/s en las partes ascendentes y 3 m/s en las partes horizontales y descendentes.
- Línea de descarga: Mismas observaciones que para línea de aspiración.
- Línea de líquido condensador recipiente: velocidad máxima:1 m/s.

3.3.2 Cálculo

3.3.2.1 Línea de liquido

Caudal másico: 1226 Kg/h
 Volumen específico: 0,00088 m³/Kg
 Caudal: 1,078 m³/h
 Velocidad 0,5 < v < 1,5
 Diámetro seleccionado: 7/8"

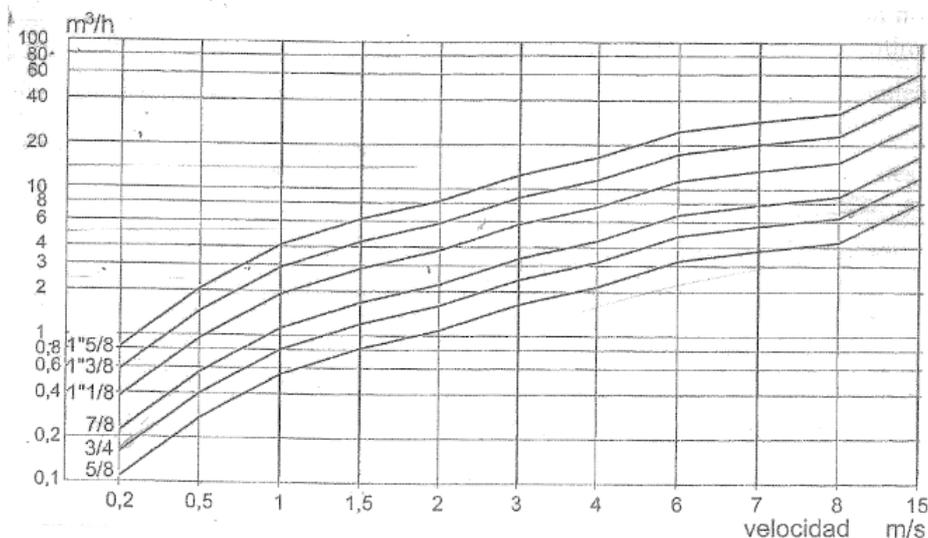


Figura 3-1. Ábaco caudal y velocidad

3.3.2.2 Línea de aspiración

Caudal másico: 1226 Kg/h
 Volumen específico: 0,04182 m³/Kg
 Caudal: 51,27m³/h
 Velocidad: 7 < v < 15
 Diámetro seleccionado: 2" 1/8

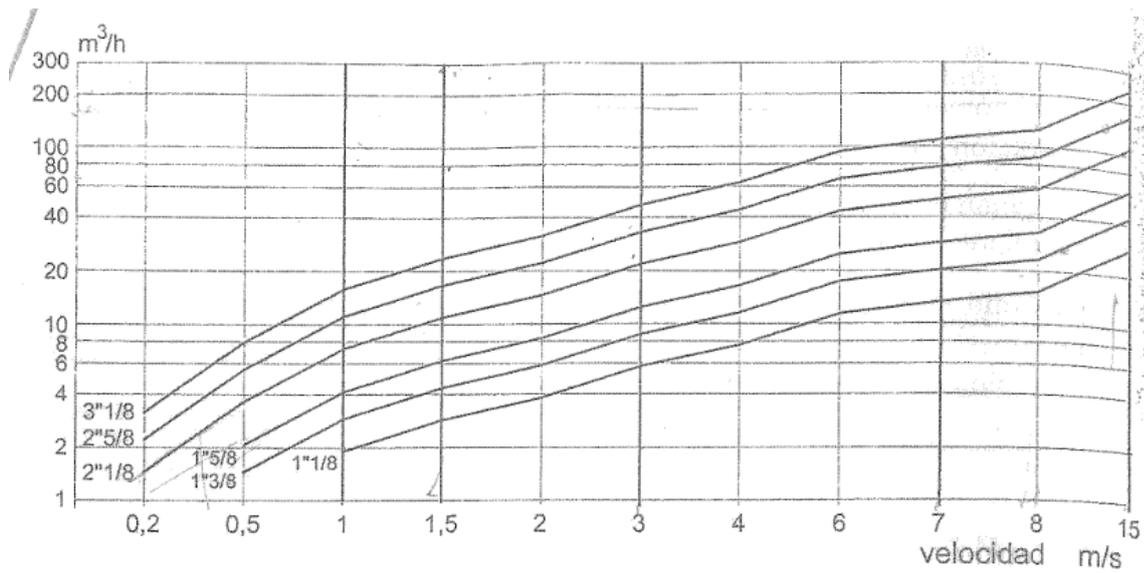


Figura 3-2. Ábaco caudal y velocidad

3.3.2.3 Línea de descarga

Caudal máscico: 1226 Kg/h
 Volumen específico: 0,0168 m³/Kg
 Caudal: 20,596 m³/h
 Velocidad: 7 < v < 15
 Diámetro seleccionado: 1" 1/8

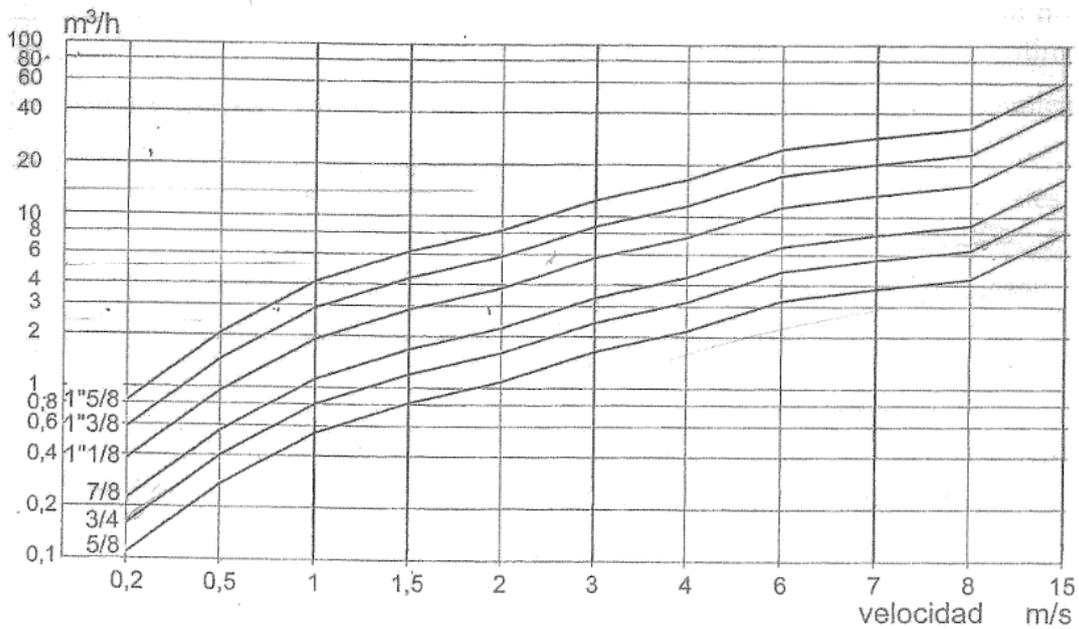


Figura 3-3. Ábaco caudal y velocidad

Contrastando los resultados con los obtenidos mediante el software *Atecyr* de la Universidad Politécnica de Valencia, se aprecia que coinciden:

Denominación Refrigerante Tipo línea XV	Material D.Nominal(°C) Longitud Real(m) Diámetro Interior(mm)	v.fluido(m/s) P.Total(°C) P.Total(kg/cm2) P.Cota(kg/cm2)	P.Acce.(kg/cm2) P.Tub.(kg/cm2) Caudal(kg/h) L.equiv.(m)	Viscosidad(Pas) Densidad(kg/m3) Rug.absoluta Nº Re	Factor fricción Recomendado
Líquido R-407C Líquido 0	Cobre (barras standard) 7/8(1)" 12,6 20,22	1,11 0,1954 0,08453 0	0,0164 0,06813 400 15,63	0,0001237 1068 0,0015 193798	0,01631 Recomendado
Aspiración R-407C Aspiración 1	Cobre (barras standard) 2 1/8(1,25)" 12,2 51,47	7,229 0,1578 0,03563 0	0,01538 0,02025 400 21,47	1,193E-5 25,3 0,0015 789411	0,01267 Recomendado
Descarga R-407C Descarga 1	Cobre (barras standard) 1 1/8(1)" 0,8 26,57	9,829 0,1189 0,05145 0	0,03856 0,0129 400 3,192	1,446E-5 69,83 0,0015 1261458	0,01245 Recomendado

Tabla 3-7. Resultados software Atecyr

3.4 CÁLCULO DE VÁLVULA DE EXPANSIÓN

3.4.1 Definición

En estos elementos se produce un cambio de presión del refrigerante desde la alta presión y temperatura existente en el condensador, hasta la baja presión y temperatura necesaria en el evaporador. Al atravesar la válvula y bajar la presión y la temperatura del fluido, parte de él se evapora.

En la mayor parte de las ocasiones, regula también el caudal de refrigerante que pasa al evaporador en función de diversas variables. Esto da lugar a distintos tipos de válvulas. Las válvulas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

a) Válvulas reguladores de caudal

Se pueden considerar de cuatro tipos:

- Válvula manual
- Válvula automática o presostática
- Válvula de expansión termostática
- Válvula de flotador

b) Válvulas que sólo cumplen la misión de expansionar, denominadas también válvulas restrictivas o capilares.

En este proyecto se colocará una válvula termostática.

3.4.2 Funcionamiento

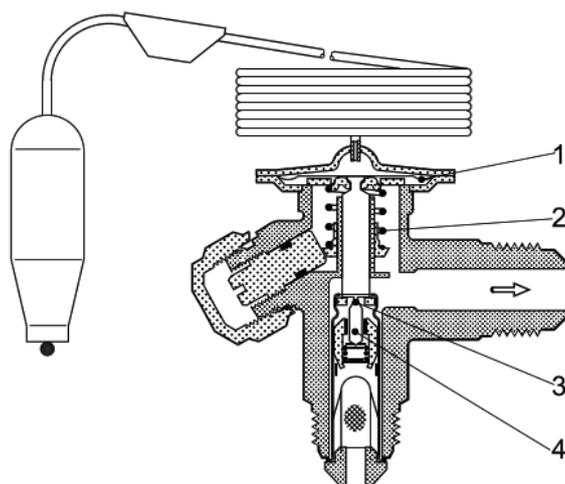


Figura 3-4. Válvula de expansión termostática

La válvula de expansión termostática, situada después del evaporador, se abre cuando el recalentamiento aumenta. La presión aplicada al diafragma (1) sube debido al incremento de la temperatura del bulbo y la presión bajo el diafragma aumenta cuando la temperatura de evaporación aumenta. La diferencia de presiones corresponde al recalentamiento del refrigerante y se manifiesta bajo la forma de una fuerza que intenta abrir la válvula. (2) Si el recalentamiento es superior a la fuerza del muelle, la válvula se abre. Es posible cambiar el conjunto de orificio, con el orificio (3) y el cono (4) de la válvula.

Se controla mediante la diferencia entre la temperatura del bulbo y la de evaporación. Si la diferencia entre la temperatura de bulbo y la temperatura de evaporación es igual al recalentamiento estático, la válvula está justo a punto de abrirse o a punto de cerrarse. Independientemente de la temperatura de evaporación, la válvula de expansión regulará la inyección de líquido para que el recalentamiento del refrigerante después del evaporador se mantenga en el valor determinado. [8]

3.4.3 Cálculo

El cálculo de la válvula se ha hecho mediante el software Coolselector de Danfoss

Coolselector2



Información del proyecto	
Coolselector2 versión:	1.0.1.4. Base de datos: 1.0.0.30
Imprimido:	Jueves, 28 de Junio de 2018
Preferencias utilizadas:	All applications

TXV: TXV 1

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R407C	Capacidad de refrigeración:	58,10 kW
Flujo másico en la línea:	1125 kg/h	Capacidad de calefacción:	67,85 kW
Temperatura de evaporación:	7,5 °C	Temperatura de condensación:	40,0 °C
Presión de evaporación:	5,945 bar	Presión de condensación:	17,45 bar
Recalentamiento útil:	10,0 K	Subenfriamiento:	10,0 K
Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	81,2 °C		
Sistema y línea:	Sistema de expansión seca. Línea de líquido con o sin cambio de fase		

Selección: TE 12 - 5



Figura 3-5. Válvula TE12

Tipo	TE 5 - 3	TE 5 - 4	TE 12 - 5	TE 12 - 6	TE 12 - 7
NS	16	16	22	22	22
Rango	N	N	N	N	N
Capacidad máx. [kW]	36,71	50,28	56,63	75,28	92,23
Capacidad mín. [kW]	9,177	12,57	14,16	18,82	23,06
Carga [%]	152	111	99	74	60
DP [bar]	14,68	14,68	14,68	14,68	14,68
Velocidad, ent. [m/s]	2,29	2,29	1,12	1,12	1,12

3.5 CÁLCULO DE CONDUCTOS

En todos los conductos por los que circula el aire, existe una continua pérdida de presión que recibe el nombre de pérdida de carga. Depende de los siguientes factores:

- Tamaño de los conductos
- Rugosidad interior de los conductos
- Longitud de los conductos

- Velocidad del aire

Cualquier cambio en uno de los factores arriba indicados hace variar la pérdida de carga. La relación que existe entre todos ellos es la siguiente:

$$\Delta P = 0, f \left(\frac{L}{d^{1,22}} \right) \cdot V^{1,82} \quad [EC.28]$$

Donde:

ΔP es la pérdida de carga en mmc.a.

f es la rugosidad interior de los conductos (0,9 para conductos galvanizados)

L es la longitud del conducto en m

d es el diámetro del conducto circular en cm, equivalente a uno rectangular

V es la velocidad del aire en m/s

Con esta ecuación se ha elaborado el siguiente ábaco:

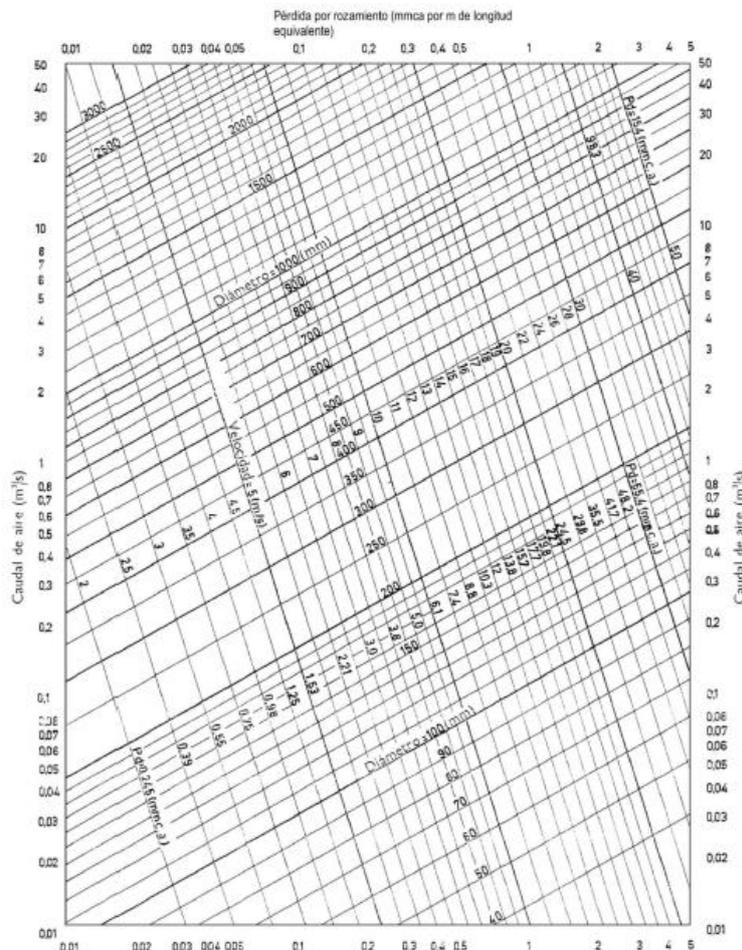


Figura 3-6. Ábaco rozamiento-caudal-diámetro

Para establecer la velocidad del aire, es necesario tener en cuenta las limitaciones respecto al ruido, precio y costes de explotación.

3.5.1 Método de cálculo

El método de cálculo empleado en la realización de este proyecto es el de pérdida de carga constante. La ventaja es que disminuye el nivel de ruido. El inconveniente es que aumenta el tamaño de los conductos. Dicho método consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud a lo largo del sistema. Se utiliza para el cálculo tanto de conductos de impulsión y retorno como de extracción de aire si los hubiere. En este proyecto solo existen de impulsión y retorno.

Mediante la siguiente tabla se pueden calcular las áreas de los conductos de forma mucho más cómoda y rápida que utilizando el ábaco.

% CAUDAL m ³ /h	ÁREA CONDUCTO						
1	2,0	26	33,5	51	59,0	76	81,0
2	3,5	27	34,5	52	60,0	77	82,0
3	5,5	28	35,5	53	61,0	78	83,0
4	7,0	29	36,5	54	62,0	79	84,0
5	9,0	30	37,5	55	63,0	80	84,5
6	10,5	31	39,0	56	64,0	81	85,5
7	11,5	32	40,0	57	65,0	82	86,0
8	13,0	33	41,0	58	66,5	83	87,0
9	14,5	34	42,0	59	66,5	84	87,5
10	16,5	35	43,0	60	67,5	85	88,5
11	17,5	36	44,0	61	68,0	86	89,5
12	18,5	37	45,0	62	69,0	87	90,0
13	19,5	38	46,0	63	70,0	88	90,5
14	20,5	39	47,0	64	71,0	89	91,5
15	21,5	40	48,0	65	71,5	90	92,0
16	23,0	41	49,0	66	72,5	91	93,0
17	24,0	42	50,0	67	73,5	92	94,0
18	25,0	43	51,0	68	74,5	93	94,5
19	26,0	44	52,0	69	75,5	94	95,0
20	27,0	45	53,0	70	76,5	95	96,0
21	28,0	46	54,0	71	77,0	96	96,5
22	29,5	47	55,0	72	78,0	97	97,5
23	30,5	48	56,0	73	79,0	98	98,0
24	31,5	49	57,0	74	80,0	99	99,0
25	32,5	50	58,0	75	80,5	100	100,0

Tabla 3-8. Relación porcentual caudal-área

Para los cálculos se ha considerado una velocidad inicial de 9 m/s. Tanto la utilización de una baja velocidad como la utilización de una red de conductos rectangulares supone un abaratamiento de costes.

3.5.2 Conductos de impulsión

Primeramente hay que calcular el área de conducto, partiendo del caudal y la velocidad del aire elegida según la siguiente fórmula:

$$A = \frac{Q}{v} \quad \text{[EC.29]}$$

Donde:

Q es el caudal de aire a mover en m³/h
v es la velocidad del aire elegida (9m/s)

Es necesario aplicar un factor de corrección para pasar de horas a segundos.

$$A = \frac{3043.08 \frac{m^3}{h}}{9 \frac{m}{s} \cdot 3600 \frac{s}{h}} = 0,0939m^2 \quad [EC.30]$$

El diámetro equivalente es de 0,339m. Con estos datos y utilizando la [EC.28] se puede calcular la pérdida de carga por metro lineal.

$$\Delta P = 0,4f \left(\frac{L}{d^{1,22}} \right) \cdot V^{1,82} \quad [EC.31]$$

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{0,4 \cdot 0,9}{33,9^{1,22}} \cdot 9^{1,82} = 0,266 \frac{mmc.a.}{m} \quad [EC.32]$$

Se obtiene una pérdida de carga por metro de longitud equivalente de 0,26mmc.a. por metro. Para determinar la pérdida de una sección de conducto solo hay que multiplicar este valor por la longitud del mismo. Para calcular la longitud total del conducto hay que tener en cuenta codos y acoplamientos. Es preciso hacer los cálculos solo en el tramo que tenga mayor resistencia.

La instalación contará con 5 bocas de impulsión. Cada una de ellas con una capacidad de 610 m³/h

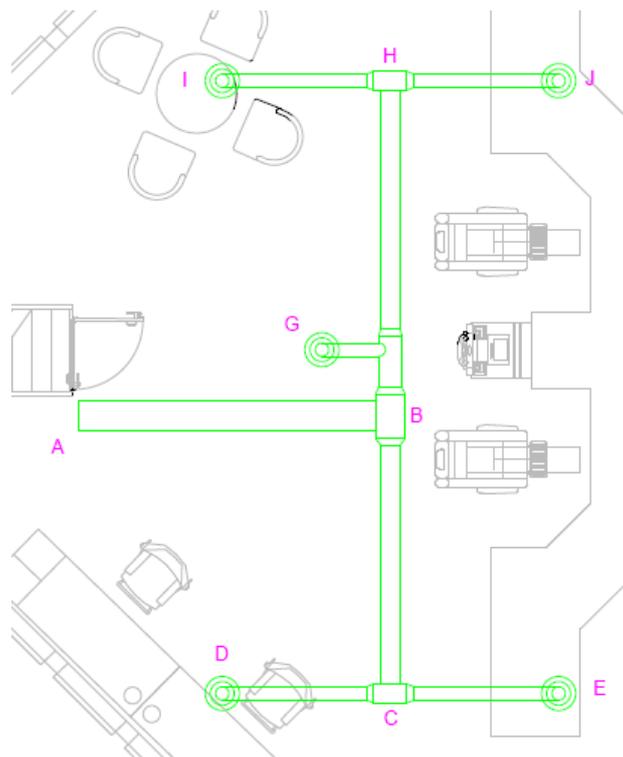


Figura 3-7. Disposición de bocas de impulsión en el puente

Utilizando la tabla 3-8 se calcula la sección de cada tramo.

Primeramente se calcula el % de caudal respecto al total que circula por cada uno de los tramos.

<i>Sección de conducto</i>	<i>Caudal de aire (m³/h)</i>	<i>% de la capacidad inicial</i>
Tramo A-B	3043,08	100
Tramo B-F	1830	60
Tramo F-H	1220	40
Tramo H-J	610	20

Tabla 3-9. Cálculo % capacidad inicial por tramos

Una vez obtenidos los % respecto a la capacidad inicial se entra en la tabla 3-8 y se obtiene el % de área.

<i>Sección de conducto</i>	<i>% de la capacidad inicial</i>	<i>% Área conducto</i>
Tramo A-B	100	100
Tramo B-F	60	67,5
Tramo F-H	40	48
Tramo H-J	20	27

Tabla 3-10. Cálculo % área conducto por tramos

Se obtiene el área en m² y las dimensiones de los conductos.

<i>Sección de conducto</i>	<i>Área en m²</i>	<i>Diámetro equivalente (mm)</i>
Tramo A-B	0,0939	290
Tramo B-F	0,0633	230
Tramo F-H	0,045	185
Tramo H-J	0,0253	130

Tabla 3-10. Cálculo del diámetro equivalente por tramos

Los diámetros de las secciones hasta J son los mismos que sus equivalentes .

Por último, para calcular las pérdidas de carga final hay que hacer un sumatorio de todos los metros de tubería así como de los codos:

Elemento	Longitud (m)	Longitud equivalente (m)
Tubería sobrepunte	0,06	---
Codo 29 cm	---	2,70
Tubería sobrepunte vertical	1,50	---
Codo 29 cm	---	2,70
Tubería sobrepunte	0,74	---
Codo 29 cm	---	2,70
Tubería sobrepunte	5,65	---
Codo 29 cm	---	2,70
Tubería pasa mamparo	1,5	---
Codo 29 cm	---	2,70
Tramo A-B	4,06	---
T	---	0,52
Contracción	---	0,32
Tramo B-F	0,70	---
Tramo F-H	2,66	---
T	---	0,52
Contracción	---	0,32
Tramo H-J	1,65	---
TOTAL PARCIAL	18,52	15,18
TOTAL		33,70 m

Tabla 3-11. Cálculo de la longitud equivalente total

La pérdida de carga total será:

$$0,266 \frac{\text{mmc.a.}}{\text{m}} \cdot 33,70 \text{ m} = 8,96 \text{ mmc.a.} \quad [\text{EC.33}]$$

A este valor hay que sumarle 8 mmc.a. debido al difusor, y se le añade un coeficiente de seguridad del 15%. Luego la pérdida de carga total final es de ≈ 20 mmc.a.

A la hora de seleccionar el ventilador, a esta presión hay que sumarle la pérdida de carga en la UTA.

3.5.3 Conductos de retorno

No es necesario calcular las pérdidas de carga ya que no llevan ventilador. El retorno se hará mediante una rejilla y conductos desde el puente hasta la UTA.

3.5.4 Conductos de extracción

En este proyecto no será necesario instalar extracción.

3.6 CÁLCULO DEL CONDENSADOR

3.6.1 Definición de condensador

El condensador tiene como finalidad ceder el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador al agua de condensación por medio del haz tubular.

El tamaño del condensador es función de la cantidad de refrigerante que se comprima.

El refrigerante llega al condensador lo fase de gas, normalmente recalentado, a una temperatura superior a la del foco frío que se va a utilizar en el condensador. Es por ello que el refrigerante, absorbe el calor latente del fluido, provocando su condensación.

En el condensador se cede a un fluido, tanto el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador como en el compresor, pasando de vapor sobrecalentado a líquido subenfriado.

En la inmensa mayoría de los casos el medio refrigerante es el aire, agua o una mezcla de ambos, clasificándose en:

- Enfriados por aire
- Enfriados por agua
- Evaporativos [1] [2]

3.6.2 Condensadores enfriados por agua

Constan de uno o varios serpentines sumergidos en agua por los que circula el refrigerante en fase gas. El intercambio térmico tiene lugar a través de la superficie de los tubos. La carcasa se hace de chapa de acero, mientras que el serpentín es de cobre, el cual posee mejor coeficiente de transmisión de calor. Llevan además una válvula de nivel, racores de entrada y salida de agua, tapón fusible y una válvula de seguridad.

Los condensadores enfriados por agua se clasifican en tres tipos básicos:

- De doble tubo
- De carcasa y serpentín
- De carcasa y tubo

a) Condensador enfriado por agua de doble tubo.

Consiste en dos tubos concéntricos de tal forma que por el de menor diámetro circula el agua de refrigeración mientras que por el espacio intermedio circula el vapor del refrigerante. Actualmente está en desuso.

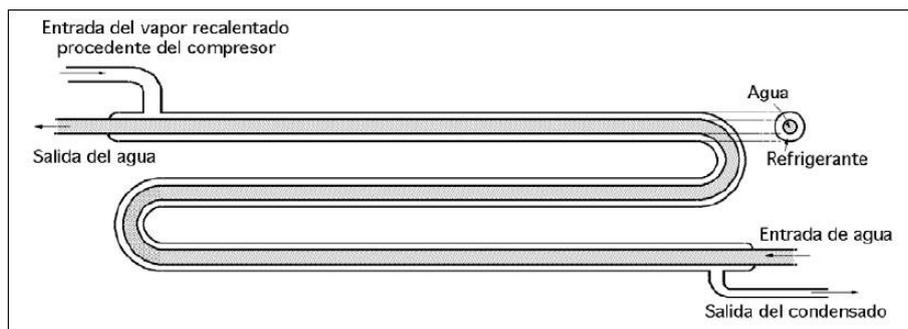


Figura 3-8. Condensador enfriado por agua de doble tubo

b) Condensador de carcasa y serpentín.

Constituido por uno o varios serpentines de tubo desnudo o aleteado por los que circula el agua y una carcasa de acero por la que circula el refrigerante.

Solo se utiliza para pequeñas capacidades.

c) Condensador de carcasa y tubos.

Consiste en una carcasa cilíndrica de acero. En su interior están dispuestos haces de tubos rectos, paralelos, mandrinados y ajustados herméticamente a unas pletinas o discos, soldados a los extremos de la carcasa.

En este proyecto se instalará un condensador multitubular horizontal de tubos lisos, cuyas características son las siguientes:

- Consta de un cuerpo cilíndrico llamado calandria, construido de tubo de acero estirado sin soldadura, o si el diámetro es demasiado grande, con chapa de acero doblada y soldada.
- Dos juntas de caucho para asegurar la estanqueidad.
- En los extremos laterales de la calandria van soldadas dos tapas de fondo, de acero, que incorporan tantos agujeros como tubos componen el haz multitubular.
- Tomas de entrada y salida del refrigerante, situadas a cada extremo de la calandria, y una enfrente de la otra.
- Dos tapas exteriores de fundición o, en su caso, formadas cada una por una brida de acero y un fondo soldado en la brida, situadas una en cada tapa de fondo. Estas tapas incorporan los dispositivos con los pasos necesarios para la unión en paralelo de un número de tubos con la función de que por cada uno de ellos, la velocidad de circulación del agua esté comprendida entre 1 y 2,5 m/s. De esta forma se asegura un buen coeficiente de transmisión. Además, llevan incorporadas las tomas para la entrada y la salida del agua.
- Un haz de tubos construido hecho de acero estirado sin soldadura, mandrinados o soldados en las tapas de fondo.

3.6.3 Cálculo

Consideraciones previas:

1KW = 860Frigorias/h

Tª de condensación = 40°C

Tª de agua de mar = 25°C

Caudal de agua (l/h) por cada 1000 Frigorías = 220

Propiedades tubos Cu-Ni 90/10

Longitud tubos = 1m

Diámetro tubos = 5/8"

K coeficiente de transmisión térmica (Kcal/m² h °C) = 750

S´ superficie por metro lineal (m²/m) = 0,125

Calor necesario a disipar 70 KW = 60200 Kcal / h

$$\text{Caudal máximo (l/s)} = \frac{70 \cdot 0,86 \cdot 220}{8600} = 3,679 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 13,24 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad [\text{EC.34}]$$

Superficie de sección de tubo necesaria (m²)

$$S = \frac{Q}{K \cdot \Delta T} = \frac{60200}{750 \cdot 15} = 5,35 \text{ m}^2 \quad [\text{EC.35}]$$

Longitud tubería total necesaria (m)

$$L = \frac{S \text{ (m}^2\text{)}}{S' \left(\frac{\text{m}^2}{\text{m}}\right)} = \frac{5,35}{0,125} = 42,8\text{m}$$

[EC.36]

n° de tubos totales necesarios = 43

Se instalaran 44 por simetría y coeficiente de seguridad.

4. SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

4.1 SELECCIÓN DEL COMPRESOR

El compresor seleccionado es el Bitzer modelo 4N.2Y. Se trata de un compresor de pistón de tipo abierto. Se instalarán dos unidades, cada uno con su correspondiente resistencia de cárter de 100W de potencia.



Figura 4-1. Compresor Bitzer 4N.2Y

Las características técnicas son las siguientes:

Informaciones técnicas	
Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	56,1 m ³ /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	67,7 m ³ /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	4 x 60 mm x 57 mm
Rango de velocidades autorizadas	750 .. 1750 1/min
Peso	77 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 25 bar
Conexión línea aspiración	35 mm - 1 3/8"
Conexión línea descarga	28 mm - 1 1/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	tc<55°C: BSE32 / tc>55°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2 (Standard)
Estándar de entrega	
Carga de aceite	4,0 dm ³
Carga de gas neutro	Standard
Válvula de aspiración	Standard
Válvula de descarga	Standard
Opciones disponibles	
Acoplamiento (...K) aire acondicionado/ media T ²	KK411 [<11kW] / KK420 [<22kW] (Option)
Acoplamiento (...K) baja T ²	KK415 [<7.5kW] / KK425 [<22kW] (Option)
Brida fijación - alineación	Option
Polea motor (...S)	190, 210, 230 mm (Option)
Correas trapezoidales	3 x SPA (Option)
Sensor de temperatura del gas comprimido	Option (incl. INT69VS)
Arranque en vacío	Option
Conexión enfriamiento agua	R 1/2" (Option)
Regulación de capacidad	100-50% (Option)
Ventilador adicional	Option
Culatas refrigeradas por agua	Option
Válvula de servicio aceite	Option
Calefactor de Cáster	100 W (Option)
Control de presión de aceite	MP54 (Option)
Juego de reconstrucción para operación marítima	Option

Tabla 4-1. Características del compresor

4.2 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

La potencia del motor eléctrico necesaria para cada uno de los compresores es de 15 kW. Se opta por instalar dos motores trifásicos marca WEG de 15 kW, modelo W22 IE3, uno para cada compresor. Se instalará un juego de correas y carriles para cada uno de ellos.



Figura 4-2. Motor eléctrico WEG W22

Los datos técnicos son los siguientes:

Carcasa	: 160L
Potencia	: 15 kW
Frecuencia	: 50 Hz
Polos	: 4
Rotación nominal	: 1465
Deslizamiento	: 2,33 %
Voltaje nominal	: 400/690 V
Corriente nominal	: 27,9/16,2 A
Corriente de arranque	: 201/116 A
Ip/In	: 7,2
Corriente en vacío	: 13,0/7,54 A
Par nominal	: 97,8 Nm
Par de arranque	: 280 %
Par máxima	: 310 %
Categoría	: ---
Clase de aislación	: F
Elevación de temperatura	: 80 K
Tiempo de rotor bloqueado	: 8 s (caliente)
Factor de servicio	: 1,00
Régimen de servicio	: S1
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C
Altitud	: 1000
Protección	: IP55
Masa aproximada	: 135 kg
Momento de inercia	: 0,15336 kgm ²
Nivel de ruido	: 61 dB(A)

	Delantero	Trasero	Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)
Rodamiento	6309 C3	6209 Z-C3	100%	0,84	92,3
Intervalo de lubricación 20000 h		20000 h	75%	0,78	92,5
Cantidad de grasa	13 g	9 g	50%	0,67	92,2

Carcasa	: 160L	Ip/In	: 7,2
Potencia	: 15 kW	Régimen de servicio	: S1
Frecuencia	: 50 Hz	Factor de servicio	: 1,00
Rotación nominal	: 1465	Categoría	: ---
Voltaje nominal	: 400/690 V	Par de arranque	: 280 %
Corriente nominal	: 27,9/16,2 A	Par máxima	: 310 %
Clase de aislación	: F		

Tabla 4-2. Características del motor eléctrico

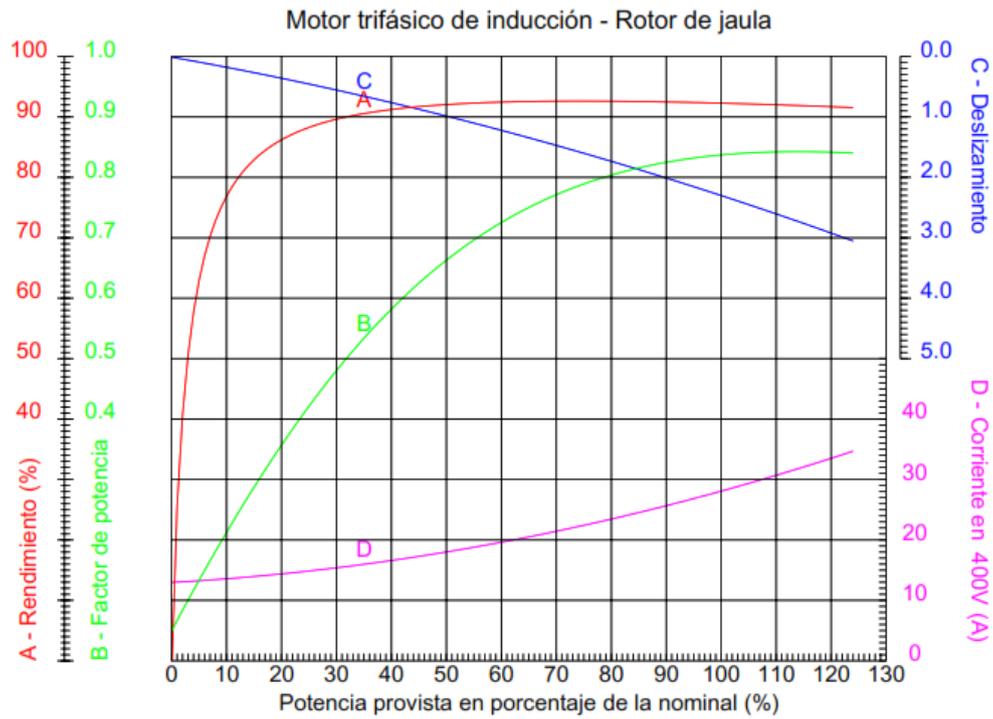


Figura 4-3. Curvas características en función de la potencia

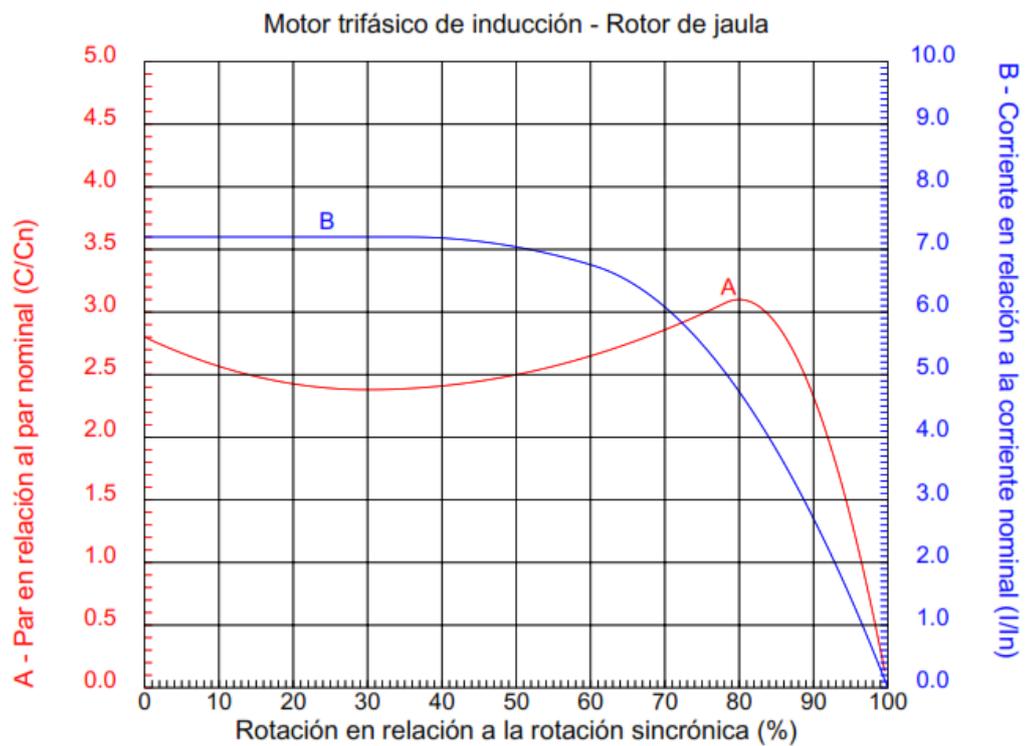


Figura 4-4. Curvas características en función de la rotación

4.3 SELECCIÓN DEL CLIMATIZADORA

En este caso la unidad climatizadora estará equipada con un ventilador centrífugo, batería de refrigeración por expansión directa de R-407C, batería de calefacción por resistencia eléctrica, filtros y compuertas de entrada de aire de recirculación (50%) y aire exterior (50%).

Se ha optado por instalar una unidad de marca Evair, modelo YA05. Las características son las siguientes:

Características generales:

Caudal	3050,0 m³/h	Panel: Ext.	Pt - Panel Pintado 1 mm
Profundidad	1060,00 mm	Int.	Ga - Acero Galvanizado 0.5 mm
Aislamiento	Ro - Lana Mineral	Espesor	50,00 mm
Peso	400 kg	Perfil	50 AL
Espacio Técnico	No	Accesorios	
Tejado	No	Casing name	Eurovent MB1

Mezcla:

Temp. Diseño Exterior / Hum. Relativa Invierno	0 / 70	°C / %
Temp. Diseño Exterior / Hum. Relativa Verano	40 / 70	°C / %
Velocidad en Sección Transversal de la UTA	1,15	m/s
Potencia Absorbida (Impulsión)	1,16	kW
Potencia Absorbida (Retorno)	-	kW
Min/Max Temperatura Aire	-20 / 50	°C
Factor de Recirculación	50	%
Eficiencia seca recuperación (caudales balanceados)	0	%

Filtro:

Descripción	Filtro G4 CRD	
Pérdidas de Carga Iniciales	44	Pa
Pérdidas de Carga de Diseño	97	Pa
Pérdidas de Carga Finales	150	Pa

Batería de expansión directa:

25x20 C S 10 Filas p. a. 1,8 mm Cu/Cu

Flujo de Aire	3050,0	m ³ /h
Pérdida de Carga	243	Pa
Velocidad Aire	1,82	m/s
Temperatura del Aire Entrada/Salida	29,60 / 9,94	°C / °C
Humedad Relativa del Aire Entrada/Salida	84,10 / 100,00	% / %
Capacidad Total	55,8	kW
Capacidad Latente	35,5	kW
Capacidad Sensible	20,4	kW
Cantidad Producida de Agua	51,4 l/h	l/h
Fluido:	R407C	
Condensación/Evaporación Temperatura	40,00 / 7,50	°C / °C
Dimensiones	650,00 x 730,00	mm x mm
Número de Filas	10	N°
Número de Circuitos	26	N°
Superficie de Intercambio	103,32	m ²
Material Tubería	Cobre	
Espesor de Tubo	0,38	mm
Material de Aleta	Aluminio	
Espesor de Aleta	0,11	mm
Colectores Entrada/Salida	- / 2"	

Batería eléctrica:

Flujo de Aire	3050,0	m ³ /h
Pérdida de Carga	43	Pa
Velocidad Aire	1,79	m/s
Temperatura del Aire Entrada/Salida	4,20 / 26,00	°C / °C
Humedad Relativa del Aire Entrada/Salida	81,80 / 20,08	% / %
Potencia Máxima	24,00	kW
Etapas	2	

Ventilador centrífugo:

Caudal	3050,0	m ³ /h
Presión Total	892	Pa
Presión Interna	415	Pa
Presión Disponible (Presión Estática Externa)	450	Pa
Velocidad en Boca	6,65	m/s
Velocidad de Rotación (RPM)	2652	RPM
Potencia Absorbida en el Eje	1,04	kW
Rendimiento	73,4	%

Motor eléctrico:

Motor	KW 1,5 2 Polos B3 220/380 IE2	
Potencia Nominal	1,5	kW
Potencia absorbida total (incluyendo todos los componentes)	1,16	kW
Consumo del variador de frecuencia (en caso de que se incluya)	35	W
N° Fases	3	N
Frecuencia	50	Hz
Potencia Sonora	83,0	dB

Batería de expansión directa:

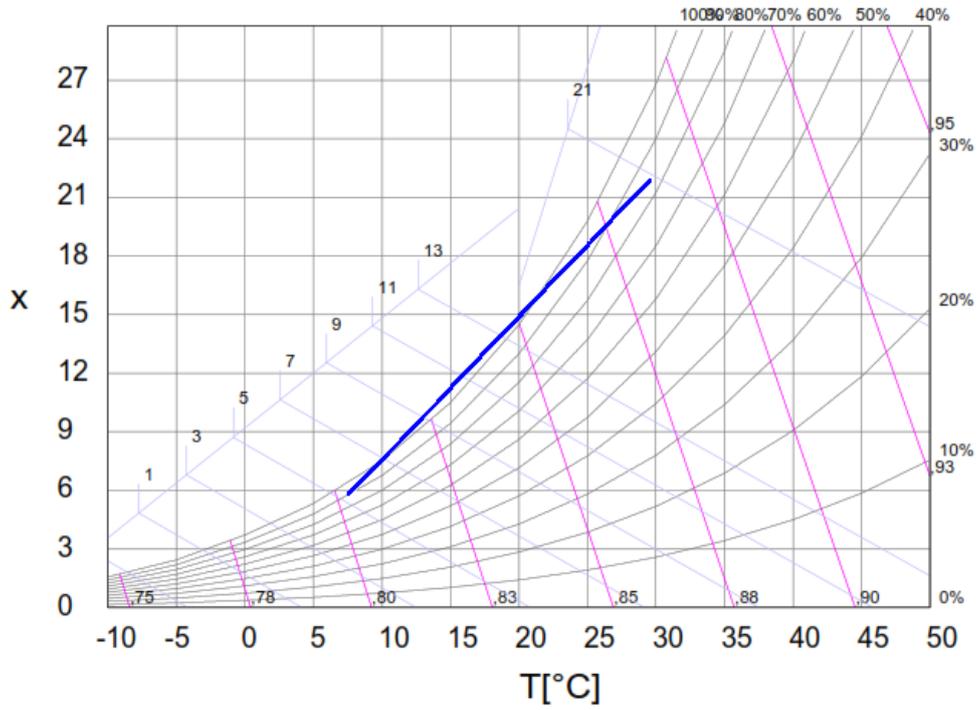


Figura 4-4. Diagrama de expansión directa

Batería eléctrica:

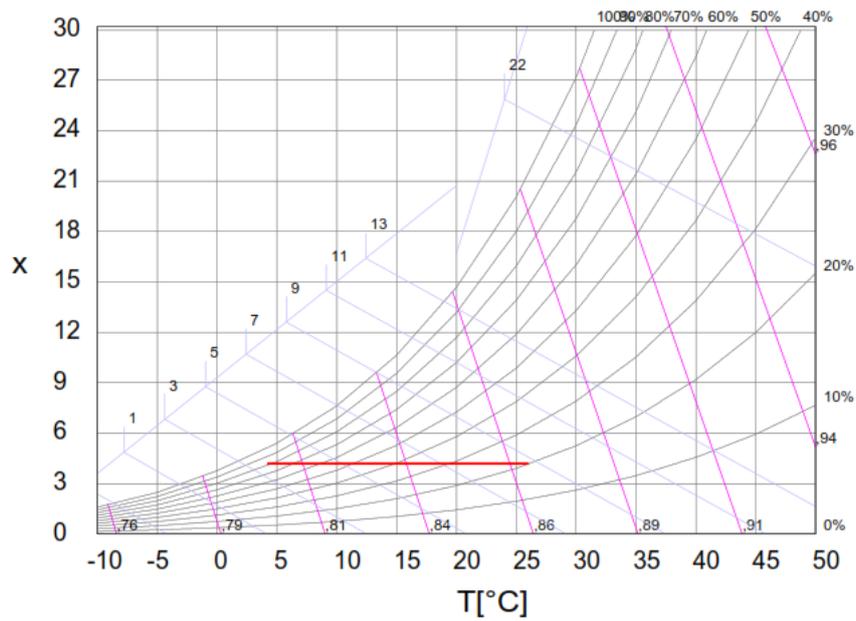


Figura 4-5. Diagrama de batería eléctrica

Ventilador centrífugo:

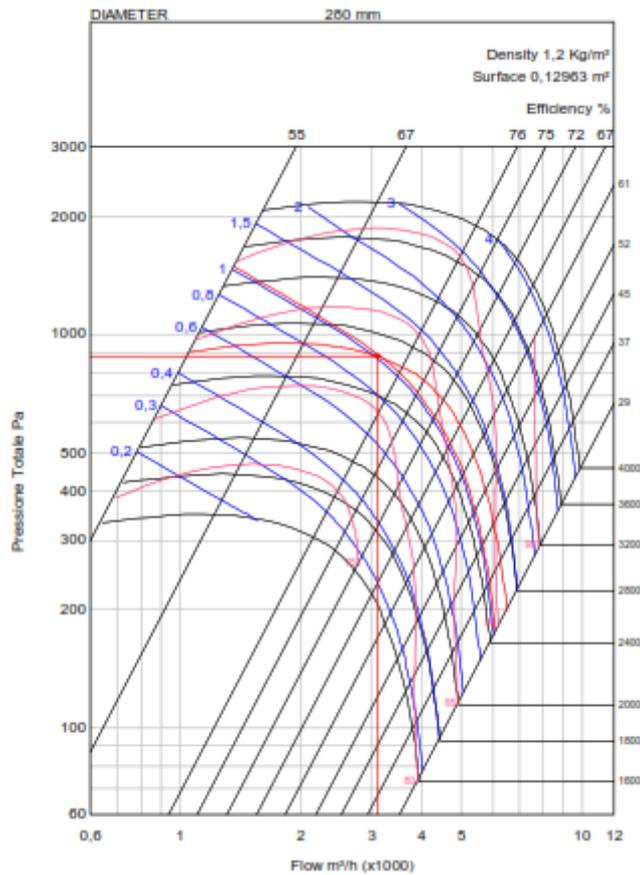


Figura 4-6. Curvas ventilador centrífugo

4.4 SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN

Se instalará una válvula de expansión termostática marca Danfoss modelo TEZ12



Figura 4-7. Válvula de expansión termostática TEZ12

Las características son las siguientes:

- Refrigerante: R407C
- Capacidad max: 56,63 kW
- Capacidad min: 14,16 kW
- Longitud del capilar: 3m

Carga: 99%
DP: 14,68 bar
Velocidad entrada: 1,12 m/s
Sin MOP

4.5 SELECCIÓN DEL CONDENSADOR

El condensador multitubular horizontal de tubos lisos estará fabricado a medida por la empresa FRIVASA con las siguientes características:

T^a de condensación = 40°C
 T^a de agua de mar = 25°C
Propiedades tubos Cu-Ni 90/10
Longitud tubos = 1m
Diámetro tubos = 5/8"
Coeficiente de transmisión térmica (Kcal/m² h °C) = 750
Superficie por metro lineal (m²/m) = 0,125
Calor necesario a disipar 70 KW
Caudal máximo 13.24 m³/h

Dispondrá de dos juntas de caucho para asegurar la estanqueidad.
En los extremos laterales van soldadas dos tapas de fondo, de acero, que incorporan 44 agujeros, tantos como tubos componen el haz multitubular.
Tomas de entrada y salida del refrigerante, situadas a cada extremo de la calandria, y una enfrente de la otra
Tomas para la entrada y la salida del agua.

4.6 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA

Los requisitos de la bomba son los siguientes:

- Fluido a impulsar: agua salada
- NPSH disponible: 2m
- Caudal: 13,24 m³/h
- h altura hasta suelo de sobrepunte: 13,90m
- h' altura desde suelo de sobrepunte al condensador: 1,125m
- H altura total = h + h' = 13,90 + 1,125 = 15,025m

Se instalará una bomba marca Azcue modelo LN-32-160R cuyas características son las siguientes:

Tipo: bomba centrifuga vertical
Líquido: agua salada



Figura 4-8. Bomba Azcue LN-32-160R

BOMBA		MOTOR (KW)	
Caudal	13-18 m ³ /h	Potencia	3 kW
Altura total	20-12 m	Tensión	400V-III
NPSHr	1,27 m	Freq.	50 Hz
RPM	2900	RPM	2900
Potencia Abs.	1,89-2kW	Ais./Protec. F/IP-55	
		Tipo	100L
		Nominal IN	5,95 A
		Arranque Is/IN	7,5

Tabla 4-3. Características de la bomba

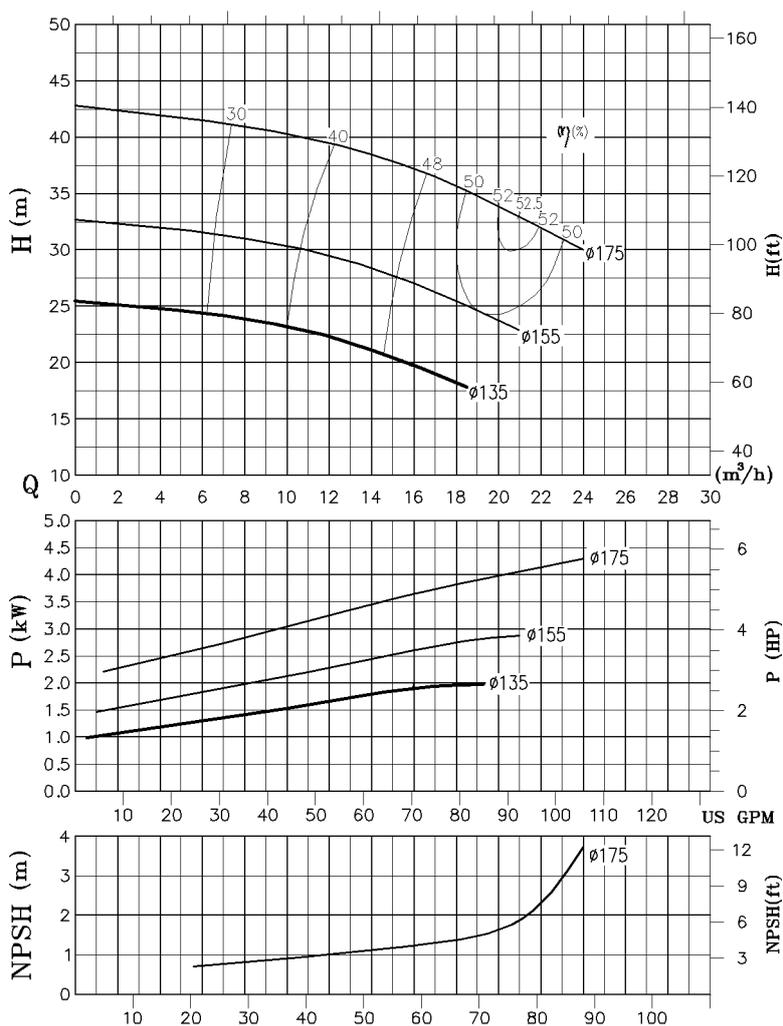


Figura 4-9. Curvas características de la bomba

4.7 SELECCIÓN DEL SEPARADOR DE ACEITE

El separador de aceite seleccionado es el Emerson OST- 413. Sus características son las siguientes:

- Potencia nominal: 65,5 kW
- Volumen: 3,8 L

- Conexión: 1-5/8"
- Presión máxima de trabajo: 31 bar
- Rango de temperaturas: -40°C a +65°C



Figura 4-10. Separador de aceite OST-413

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

DOCUMENTO 3- ASPECTOS ECONÓMICOS

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

Curso: 2017-2018

Fecha: Fecha: 17 de Julio de 2018

ÍNDICE

1 MATERIALES.....	75
1.1 UNIDAD CONDENSADORA	75
1.2 UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE	76
1.3 VÁLVULAS Y ACCESORIOS	77
1.4 BOMBA DE AGUA	78
1.5 TUBERÍAS Y CONDUCTOS	79
1.6 CUADRO ELÉCTRICO	81
1.7 OTROS.....	81
2. MANO DE OBRA.....	82
2.1 TARIFAS DEL PERSONAL NECESARIO	82
2.2 NUMERO DE HORAS DEL PERSONAL	82
2.3 CÁLCULO DEL VALOR DE LA MANO DE OBRA.....	82
3. CÁLCULO DEL COSTE TOTAL.....	83
3.1 MATERIALES	83
3.2 MANO DE OBRA.....	83
3.3 PRESUPUESTO TOTAL	83

1 MATERIALES

1.1 UNIDAD CONDENSADORA

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
COMPRESOR ABIERTO Bitzer 4N.2-KY para R407C 4xcilindros Conexión aspiración: 35mm Conexión descarga 28mm 77Kg de peso R. capacidad integrado Resistencia cárter 100W/220V	2	4737,00 €	9474,00 €
CONDENSADOR MULTITUBULAR marca Frivasa Cu-Ni 90/10 Diámetro 5/8" L tubos=1m k=750 kcal/m ² h °C	1	785,00 €	785,00 €
RECIPIENTE DE LIQUIDO marca frivasa Formado por tubo de acero 710x220 Capacidad 30 Kg de refrigerante	1	856,00 €	856,00 €

MOTOR ELÉCTRICO trifásico weg w22 15Kw 1500 rpm 4 polos 97.8 Nm par nominal + juego de poleas, volantes, correas y protecciones	2	986,00 €	1972,00 €
PERFIL BANCADA UPN 80 acero L=6000mm altura = 80mm anchura = 45mm espesor = 6mm	5	49,69 €	248,85 €
SEPARADOR DE ACEITE ALCO CONEXIÓN 1-5/8" 3,8L	2	275,00 €	550,00 €

Tabla 1-1. Costes unidad condensadora

TOTAL UNIDAD CONDENSADORA = 13885,85 €

1.2 UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE EVAIR MODELO YA-05 Incluye ventilador, batería de frío por expansión directa y batería de calor por resistencias eléctricas.	1	5383,00 €	5383,00 €

Tabla 1-2. Costes UTA

TOTAL UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE = 5383,00 €

1.3 VÁLVULAS Y ACCESORIOS

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
PRESOSTATO DE ALTA Danfoss modelo KP-5	2	58,60 €	117,20 €
PRESOSTATO DE BAJA Danfoss modelo KP-1	2	49,20 €	98,40 €
PRESOSTATO DIFERENCIAL ACEITE Danfoss modelo MP55 conexión 1/4"	2	237,40 €	474,80 €
MANÓMETRO DE ALTA PRESIÓN 126-P/2	2	27,50 €	55,00 €
MANÓMETRO DE BAJA PRESIÓN 125-P/2	4	27,50 €	110,00 €
VÁLVULA DE RETENCIÓN CASTEL 1/8"	2	38,00 €	76,00 €
VÁLVULA SOLENOIDE CASTEL 1098/6	1	70,60 €	70,60 €
VÁLVULA EXPANSIÓN Danfoss modelo TEZ12	1	140,60 €	140,60 €
ORIFICIO PARA VÁLVULA DE EXPANSIÓN termostática danfoss te12	1	68,80 €	68,80 €

VISOR DE LIQUIDO castel 3940/60	1	23,30 €	23,30 €
FILTRO DESHIDRATADOR castel 4341/6s	1	31,50 €	31,50 €
VÁLVULA DE CIERRE PASO RECTO Castel 6410/2	3	15,70 €	47,10 €
VÁLVULA RECIPIENTE VERTICAL Castel 6110/33 3/8"x3/8"	2	8,80 €	17,60 €
VÁLVULA DE CIERRE PASO RECTO Castel 6420/6 1/4"	3	30,50 €	91,50 €

Tabla 1-3. Costes válvulas y accesorios

TOTAL VÁLVULAS Y ACCESORIOS = 1422,40 €

1.4 BOMBA DE AGUA

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
BOMBA CENTRÍFUGA AZCUE MODELO LN-32-160R	1	1912,00 €	1912,00 €

Tabla 1-4. Costes bomba de agua

TOTAL BOMBA DE AGUA = 1912,00 €

1.5 TUBERÍAS Y CONDUCTOS

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
TUBERIA COBRE 7/8" rollo de 15m	1	101,00 €	101,00 €
TUBERIA COBRE 2 1/8" rollo de 5m	4	42,10 €	168,40 €
TUBERIA COBRE 1 1/8" rollo de 5m	2	39,50 €	79,00 €
CONDUCTO CIRCULAR GALVANIZADO e= 0,7mm D=290mm L=1m	17	14,00 €	238,00 €
CONDUCTO CIRCULAR GALVANIZADO e= 0,7mm D=185mm L=1m	10	9,50 €	95,00 €
CONDUCTO CIRCULAR GALVANIZADO e= 0,7mm D=230mm L=1m	1	12,50 €	12,50 €
CONDUCTO CIRCULAR GALVANIZADO e= 0,7mm D=130mm L=1m	10	4,80 €	48,00 €
CONDUCTO CIRCULAR GALVANIZADO e= 0,7mm D=190mm L=1m	3	6,80 €	20,40 €
CODO CIRCULAR GALVANIZADO e=	6	27,90 €	167,40 €

0,7mm D=290mm			
CODO CIRCULAR GALVANIZADO e= 0,7mm D=190mm	3	15,00 €	45,00 €
T CON REDUCCIÓN GALVANIZADO e= 0,7mm D=290-230	1	20,39 €	20,39 €
T CON REDUCCIÓN GALVANIZADO e= 0,7mm D=230-130	1	12,00 €	12,00 €
T CON REDUCCIÓN GALVANIZADO e= 0,7mm D=185-130	2	9,90 €	19,80 €
REDUCCIÓN CIRCULAR GALVANIZADO e= 0,7mm D=230-185	2	11,10 €	22,20 €
REJILLA RETORNO D = 185mm	1	12,75 €	12,75 €
DIFUSOR CIRCULAR D=130mm	6	18,00 €	108,00 €

Tabla 1-5 Costes tuberías y conductos

TOTAL TUBERÍAS Y CONDUCTOS = 1169,84 €

1.6 CUADRO ELÉCTRICO

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
CUADRO ELÉCTRICO General de toda la instalación ya montado	1	6575,00 €	6575,00 €

Tabla 1-6. Costes cuadro eléctrico

TOTAL CUADRO ELÉCTRICO = 6575,00 €

1.7 OTROS

ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Botella R407C 10KG	3	410,00 €	1230,00 €

Tabla 1-7. Costes otros

TOTAL OTROS = 1230,00 €

2. MANO DE OBRA

2.1 TARIFAS DEL PERSONAL NECESARIO

El coste por hora de cada empleado será el siguiente:

- Ingeniero: 20 € / h
- Electricista: 15 € / h
- Soldador: 18 € / h
- Frigorista: 15 € / h

2.2 NUMERO DE HORAS DEL PERSONAL

El número de horas total invertido por cada empleado en la elaboración del proyecto es el siguiente:

- Ingeniero: 430 h
- Electricista: 50 h
- Soldador: 275 h
- Frigorista: 400 h

2.3 CÁLCULO DEL VALOR DE LA MANO DE OBRA

El coste de cada uno de los gremio será el siguiente:

- Ingeniero: 8600 €
- Electricista: 750 €
- Soldador: 4950 €
- Frigorista: 6000 €

3. CÁLCULO DEL COSTE TOTAL

3.1 MATERIALES

TOTAL UNIDAD CONDENSADORA	13885,85 €
TOTAL UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE	5383,00 €
TOTAL VÁLVULAS Y ACCESORIOS	1422,40 €
TOTAL BOMBA DE AGUA	1912,00 €
TOTAL TUBERÍAS Y CONDUCTOS	1169,84 €
TOTAL CUADRO ELÉCTRICO	6575,00 €
TOTAL OTROS	1230,00 €
TOTAL	31578,09 €

3.2 MANO DE OBRA

Ingeniero	8600 €
Electricista	750 €
Soldador	4950 €
Frigorista	6000 €
TOTAL	20300,00 €

3.3 PRESUPUESTO TOTAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN TOTAL: 51878,09 €

GASTOS GENERALES (15%): 7781,71 €

BENEFICIO INDUSTRIAL (6%): 3112,68 €

EL PRESUPUESTO TOTAL ANTES DE IMPUESTOS ASCIENDE A: 62772,48 € SESENTA Y DOS MIL SETECIENTOS SETENTA Y DOS EUROS CON CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

DOCUMENTO 4- CONCLUSIONES

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

Curso: 2017-2018

Fecha: Fecha: 17 de Julio de 2018

CONCLUSIONES

La principal conclusión que se puede sacar una vez acabado el trabajo es que se han cumplido con los objetivos y requerimientos del armador.

Se ha diseñado una instalación que tiene la capacidad de mantener la temperatura en 22°C y la humedad relativa en el 50% tanto en invierno como en verano.

Debido a que la potencia requerida no es muy alta, se ha optado por un sistema de expansión directa para frío y baterías eléctricas para calor.

El refrigerante elegido ha sido el R407C debido a que tiene unas propiedades muy similares al R22, tiene baja toxicidad, un impacto ambiental muy bajo y es químicamente estable.

Un factor determinante a la hora de realizar los cálculos de conductos ha sido el ruido, evitando exceder el máximo permitido.

Por último, a la hora de la selección de los elementos de la instalación se ha intentado primar la calidad y la fiabilidad de los mismos tratando de reducir al máximo posible el presupuesto total.

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

DOCUMENTO 5- BIBLIOGRAFÍA

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

Curso: 2017-2018

Fecha: Fecha: 17 de Julio de 2018

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cengel, Y. (2015). Termodinámica - 8ª Edición. ISBN: 978-6071512819. MCGRAW HILL.
- [2] Carrier Manual de Aire Acondicionado. (1980). Barcelona: ISBN 84-267-0115-9. MARCOMBO.
- [3] Ángel Luis Miranda Barreras (2009). Fundamentos de climatización. ISBN: 9788426714244. MARCOMBO
- [4] Ángel Luis Miranda Barreras. (2016). Técnicas de climatización - 4ª Edición. ISBN: 9788426722638 MARCOMBO
- [5] FREMAP. Manual de instalaciones de climatización. Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social N°61.
- [6] Manual de seguridad y salud para operaciones en talleres mecánicos y de motores térmicos. Universidad Politécnica de Valencia. Consultado en Junio de 2018, de <https://www.spri.upv.es/msmecanico1.htm>
- [7] Fluidos utilizados en refrigeración. Consultado en Junio de 2018, de <http://files.pfernandezdiez.es/Refrigeraci%C3%B3n/PDFs/06Refrig.pdf>
- [8] Automatización de instalaciones de refrigeración comerciales. Danfoss. Consultado en Junio de 2018, de <http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/RG00A505.pdf>
- [9] Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias. (8 de 3 de 2011). Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero.
- [10] "Acuerdo de Kigali" Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de Chile. Consultado en Junio de 2018, de <http://portal.mma.gob.cl/casi-200-paises-alcanzan-acuerdo-climatico-historico-para-la-reduccion-de-gases-de-efecto-invernadero/>
- [11] "Convenio de Viena y Protocolo de Montreal" Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. Consultado en Junio de 2018, de <http://www.marn.gob.gt/s/viena-montreal>
- [12] Software Atecyr. Consultado en Junio de 2018, de <http://www.calculaconatecyr.com/>
- [13] Raúl García Bercedo, I. I. (2003). Tecnología Mecánica. ISBN:978-84-9860-802-1 Servicio editorial de la Universidad del País Vasco.
- [14] Ángel Luis Miranda Barreras (2011). Manual técnico de refrigerantes. ISBN: 9788426717696 MARCOMBO
- [15] Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre.
- [16] Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.

[17] Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

PÁGINAS WEB

<http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/CartaPsy.htm>
<http://www.forofrio.com/>
<http://www.danfoss.es/home/#/>
<http://www.evair.es/>
<https://www.bitzer.de/es/es/>
<http://unitecno.es/bombas-azcue/>
<https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
<http://www.pecomark.com/>
<https://www.boe.es/>
<https://www.lr.org/en/>

SOFTWARES UTILIZADOS

AutoCAD 2018
PDF to DWG Converter 2017
Microsoft Paint
Microsoft Office 2016
Atecyr
Smartsheet
Software de Bitzer
Software de Danfoss

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

***ANEXO I- PLIEGO DE CONDICIONES. NORMATIVA
APLICABLE***

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

Curso: 2017-2018

Fecha: Fecha: 17 de Julio de 2018

ÍNDICE

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	87
1.1 CONDICIONES GENERALES	87
1.2 REGLAMENTOS Y NORMAS	87
1.3 MATERIALES	87
1.4 RECEPCIÓN DEL MATERIAL	87
1.5 ORGANIZACIÓN	88
1.6 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	88
1.6.1 Comprobación del replanteo	88
1.6.2 Programa de trabajo	88
1.6.3 Comienzo	88
1.6.4 Plazo de ejecución	89
1.7 INTERPRETACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO	89
1.8 VARIACIONES DEL PROYECTO	89
1.9 OBRAS COMPLEMENTARIAS	89
1.10 MODIFICACIONES	89
1.11 OBRA DEFECTUOSA	89
1.12 MEDIOS AUXILIARES	90
1.13 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS	90
1.14 SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS	90
1.15 RECEPCIÓN DE LAS OBRAS	90
1.15.1 Recepción provisional	90
1.15.2 Plazo de garantía	90
1.15.3 Recepción definitiva	90
1.16 Contratación de la empresa encargada de la obra	91
1.17 CONTRATO	91
1.18 RESPONSABILIDADES	91
1.19 RESCISIÓN DEL CONTRATO	91
2. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS	92
2.1 MEDICIONES Y VALORACIONES DE LAS OBRAS	92
2.2 ABONO DE LAS OBRAS	92
2.3 PRECIOS	92
2.4 REVISIÓN DE PRECIOS	92
2.5 PRECIOS CONTRADICTORIOS	92
2.6 PENALIZACIONES POR RETRASOS	92
2.7 LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO	93
2.8 FIANZA	93
2.9 GASTOS DIVERSOS POR CUENTA DE LA EMPRESA ENCARGADA DE LA OBRA	93
2.10 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA	93
2.11 MEDIDAS DE SEGURIDAD	93
2.12 RESPONSABILIDAD POR DAÑOS	93
2.13 DEMORAS	93
3. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS	95
3.1 NORMAS A SEGUIR	95
3.2 PERSONAL	95
3.3 CONDICIONES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS	95
3.4 ADMISIÓN Y RETIRADA DE MATERIALES	95
3.5 RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS PREVIOS	96

3.5.1 Carga y almacenamiento de refrigerante.....	96
3.5.2 Pruebas y verificaciones.....	96
3.5.2.1 Pruebas de estanqueidad.....	96
5. NORMATIVA APLICADA.....	98
5.1 CONVENIOS, NORMAS UNE Y RD.....	98
5.2 INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS.....	98
5.3 ESTÁNDARES ISO.....	99

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1 CONDICIONES GENERALES

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir el lugar donde se realice la obra, en este caso el buque, el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo.

Determina los requisitos a los que se debe de ajustar la ejecución de la instalación. La empresa encargada de la obra está obligada al cumplimiento de la normativa correspondiente, y a la contratación de un seguro.

Mandos y responsabilidades:

Supervisor:

El contratista dispondrá en la obra de un técnico cualificado que ejercerá como supervisor. Su función será controlar y organizar los trabajos.

Vigilancias:

El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos.

Limpieza:

El contratista mantendrá el espacio de la obra libre de escombros, retirándolos a medida que estos se produzcan y eliminándolos de forma adecuada.

Al finalizar la obra. se entregará limpia, libre de herramientas, materiales sobrantes y andamios.

Subcontratación:

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas.

1.2 REGLAMENTOS Y NORMAS

Todas las tareas se realizarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento.

1.3 MATERIALES

Todos los materiales empleados serán de primera calidad.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en cualquier documento del proyecto es de obligado cumplimiento.

1.4 RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El director de obra dará el visto bueno sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será responsabilidad de la empresa encargada de la realización de la obra.

Control de calidad:

El control de calidad de la obra correrá por cuenta del contratista de acuerdo a la legislación vigente. Comprenderá los siguientes aspectos:

- Control de equipos o materiales suministrados a obra.
- Control de materias primas.
- Construcción y montaje.
- Inspección y pruebas.

Todos los materiales deberán ser de la calidad y características requeridas en los documentos del proyecto.

1.5 ORGANIZACIÓN

La empresa encargada de la obra tendrá todas las responsabilidades que le correspondan y tiene la obligación de pagar los salarios y cargas que están establecidas.

Tanto la organización de la obra como la determinación de la procedencia de los materiales, estará a cargo de la empresa encargada de la obra.

La empresa encargada de la obra deberá informar de la procedencia de los materiales y de los planes de organización técnica de la obra.

1.6 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

1.6.1 Comprobación del replanteo

En el plazo máximo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación, será necesario comprobar en presencia del director de obra, de algún representante de la empresa, el replanteo de las obras efectuadas antes de la licitación.

Se reflejará en un documento la conformidad del replanteo a los documentos contractuales. En caso de alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, se deberá acompañar de un nuevo presupuesto actualizado.

1.6.2 Programa de trabajo

En el plazo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación, la empresa presentará el programa de trabajo de la obra. Es obligatorio ajustarse a lo que especifique el director de obra. Para ello se seguirá el orden que considere oportuno para la correcta realización de la obra.

Cuando exista la necesidad de modificar cualquier condición contractual, deberá ser redactada por la empresa encargada de la obra y el director de obra.

1.6.3 Comienzo

La fecha de comienzo de los trabajos deberá ser notificada por escrito al director de la obra.

1.6.4 Plazo de ejecución

La obra se ejecutará en el plazo que marca el contrato.

Se presentará un plan de trabajos, que se desglosará en tareas y tiempos de ejecución.

En caso de retraso en el cumplimiento del plan se podrá solicitar que se tomen las medidas oportunas para recuperar dicho retraso. El coste de estas medidas de recuperación correría a cuenta del contratista.

El incumplimiento de los plazos de las obras dará derecho a aplicar las penalizaciones establecidas.

1.7 INTERPRETACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

Corresponde al técnico director de obra la interpretación de los documentos del proyecto. La empresa encargada de la obra está obligada a aclarar cualquier duda que surja durante la ejecución de la obra.

La empresa se hace responsable de cualquier error y deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto. La empresa encargada de la obra está obligada a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra aun cuando no se halle explícitamente reflejado en el pliego de condiciones.

1.8 VARIACIONES DEL PROYECTO

Se considerarán mejoras o variaciones del proyecto, solo aquellas que hayan sido ordenadas por el director de obra sin variar el importe contratado.

1.9 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Aunque en el documento no figuren explícitamente, el taller tiene la obligación de ejecutar toda obra complementaria que sea necesaria para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto.

1.10 MODIFICACIONES

La empresa encargada de la obra tiene la obligación de realizar las obras que se encarguen resultantes de las posibles modificaciones del proyecto, siempre y cuando no se altere en más 25% el valor contratado.

El director de obra está autorizado para introducir las modificaciones que considere oportunas de acuerdo a su criterio, durante la construcción, siempre que cumpla las condiciones técnicas referidas al proyecto y que no varíe el importe total de la obra.

La empresa encargada de la obra no podrá, hacer alteración alguna de las partes del proyecto sin autorización expresa del director de obra.

1.11 OBRA DEFECTUOSA

Cuando la empresa halle cualquier circunstancia que no se ajuste a lo especificado en el proyecto, el director de obra podrá aceptarlo o rechazarlo. Fijando el precio que crea conveniente.

1.12 MEDIOS AUXILIARES

Todos los medios y maquinarias auxiliares necesarios serán por cuenta de la empresa. Será obligatorio cumplir con los reglamentos de seguridad e higiene en el trabajo vigentes y utilizar la protección adecuada.

En el caso de rescisión por incumplimiento de contrato por parte de la empresa, podrán ser utilizados libre y gratuitamente por la dirección de obra hasta la finalización de los trabajos.

Todos los medios auxiliares quedarán en propiedad de la empresa una vez finalizada la obra.

1.13 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS

Es responsabilidad de la empresa encargada de la obra la conservación de las obras realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por la propiedad.

1.14 SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS

Salvo que el contrato disponga lo contrario se podrá concretar con terceros la realización de determinadas fases de obra. Será necesario comunicárselo por escrito al director de obra. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo de la empresa encargada de la obra.

1.15 RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

1.15.1 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional y para ello se realizará un reconocimiento por el director de obra en presencia de la empresa encargada de la obra. Se levantará acta y empezará a correr desde ese día el plazo de garantía.. De no ser admitidas, se hará constar y se darán instrucciones a la empresa encargada de la obra para corregir los defectos fijándose un plazo máximo para ello.

1.15.2 Plazo de garantía

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contando de la fecha de la recepción provisional, o el que establezca el contrato. Queda a cargo de la empresa durante este periodo de tiempo la conservación de las obras.

1.15.3 Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará una vez transcurrido el plazo de garantía o a los seis meses de la recepción provisional. A partir de esa fecha terminará la obligación de la empresa encargada de conservar y reparar las obras.

1.16 Contratación de la empresa encargada de la obra

El conjunto de las instalaciones que realizará la empresa encargada de la obra tendrá lugar una vez estudiado el proyecto y comprobada su viabilidad.

1.17 CONTRATO

El contrato se formalizará mediante contrato privado, pudiendo elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Incluirá la adquisición de materiales, mano de obra, transporte y medios auxiliares además de la reconstrucción de las unidades defectuosas y realización de obras auxiliares.

1.18 RESPONSABILIDADES

La empresa será la responsable de la ejecución de las obras en las condiciones. La empresa encargada de la obra es el único responsable de todas las irregularidades o errores que se cometan durante la. Lo será también de accidentes o daños que pudieran existir. La empresa será el único responsable del incumplimiento de cualquier punto.

1.19 RESCISIÓN DEL CONTRATO

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

1. Quiebra de la empresa encargada de la realización de la obra.
2. Modificación del proyecto con una alteración de más del 25%.
3. Modificación de la obra sin autorización previa.
4. Suspensión de las obras ya iniciadas.
5. Incumplimiento de cualquier punto del contrato.
6. Vencimiento del plazo de ejecución sin haberse llegado a completarse.
7. Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.

2. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS

2.1 MEDICIONES Y VALORACIONES DE LAS OBRAS

La empresa comprobará los planos y efectuará las mediciones correspondientes. En caso de hallar anomalías reclamará al director de obra y éste lo comunicará a la parte interesada.

La empresa encargada de la obra se pondrá de acuerdo con el director de obra y la parte interesada, volviendo a verificar las anomalías y en su caso se tomarán las medidas oportunas.

2.2 ABONO DE LAS OBRAS

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta.

Una vez acabadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

2.3 PRECIOS

La empresa encargada de las obras presentará el desglose de los precios que integren el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios, comprenderán la ejecución total de la obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales.

Si existiera la necesidad de efectuar obra previamente no acordada el director de obra lo pactará con la empresa.

2.4 REVISIÓN DE PRECIOS

Se establecerá en el contrato si la empresa encargada de la obra tiene derecho a revisión de precios y en caso de ser así, la fórmula a aplicar para calcularla.

2.5 PRECIOS CONTRADICTORIOS

Si existiera la necesidad de determinar de algún precio contradictorio, el director de obra lo formularía basándose en los que han servido para la formación del presupuesto.

2.6 PENALIZACIONES POR RETRASOS

Se podrán establecer tablas de penalización por retrasos en los plazos de entrega cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

2.7 LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO

En caso de rescisión del contrato, se abonarán a la empresa la obra ejecutada y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, se retendrá la fianza para pagar posibles gastos.

2.8 FIANZA

En el contrato se establecerá la fianza que la empresa encargada de la obra deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

2.9 GASTOS DIVERSOS POR CUENTA DE LA EMPRESA ENCARGADA DE LA OBRA

Es obligación de la empresa encargada de la obra montar y conservar por su cuenta el adecuado suministro de elementos básicos como agua y energía eléctrica y para las propias obras.

2.10 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA

Correrán por cuenta de la empresa los gastos derivados de la conservación de la obras durante el plazo de garantía.

La empresa encargada de la obra no podrá reclamar indemnización alguna por dichos gastos.

2.11 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Se deberán cumplir en todo momento las leyes y regulaciones relativas a seguridad. El incumplimiento de las mismas, será objeto de sanción, siguiendo las especificaciones redactadas en el contrato.

2.12 RESPONSABILIDAD POR DAÑOS

La propiedad tiene firmada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros, en el que se asegura la empresa encargada de la obra. Este seguro garantiza la responsabilidad civil de los daños causados accidentalmente a terceros con motivo de las obras.

2.13 DEMORAS

Se fijará por ambas partes el programa con la fecha de inicio y fin. La empresa encargada de la obra pondrá los medios necesarios para cumplir los plazos.

Solo se considerarán demoras los retrasos o interrupciones debidos a huelgas o catástrofes naturales etc.

En el caso de que la empresa incurra en demoras no excusables, se le aplicarán las sanciones correspondientes.

3. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

3.1 NORMAS A SEGUIR

El presente proyecto cumplirá además de con el presente pliego de condiciones, con las siguientes normas:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.
- Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.
- Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas UNE.
- Cualquier otra normativa autonómica, nacional o internacional no incluida en el presente pliego y que debiera ser aplicada.

3.2 PERSONAL

La empresa encargada de la obra tendrá al mando un encargado con autoridad sobre los demás operarios. Dispondrá de conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes al director de obra.

La empresa dispondrá del número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen.

3.3 CONDICIONES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales empleados en la realización de la obra serán de alta calidad y estarán en buenas condiciones.

3.4 ADMISIÓN Y RETIRADA DE MATERIALES

Para usar dichos materiales habrá que examinarlos previamente, o se procederá al empleo de los materiales sin que estos sean examinados y aceptados en los términos que prescriben las respectivas condiciones estipuladas para cada clase de material. El encargado de realizar dicha tarea es el director de obra.

3.5 RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS PREVIOS

Cuando el director de obra lo estime oportuno, podrá encargar y ordenar análisis, ensayo o comprobación de los materiales.

En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio que el director de obra designe.

Los gastos ocasionados por estas pruebas y comprobaciones, serán por cuenta de la empresa encargada de la obra.

3.5.1 Carga y almacenamiento de refrigerante

El refrigerante deberá ser introducido en el circuito a través del sector de baja presión. Ninguna botella de transporte de refrigerante líquido debe quedar conectada a la instalación fuera de las operaciones de carga y descarga.

3.5.2 Pruebas y verificaciones

Los recipientes que hayan de someterse a pruebas de presión estarán dotados de conexiones para la colocación de manómetros independientes y estarán distanciadas de la conexión que se utilice para las citadas pruebas.

3.5.2.1 Pruebas de estanqueidad

Presión mínima de prueba:

Todo elemento de equipo frigorífico que forme parte del circuito refrigerante debe ser probado antes de su puesta en marcha a una presión igual o superior a la presión de trabajo.

Los refrigerantes utilizarán como presión mínima de prueba de estanqueidad del sector de alta presión la de tarado de la válvula de seguridad.

Ejecución:

La prueba de estanqueidad se efectuará con un fluido adecuado, sin presencia de gases combustibles en el interior del circuito.

El dispositivo utilizado para elevar la presión del circuito deberá estar provisto de válvula de seguridad o limitador de presión.

Dichas pruebas de se realizarán bajo la responsabilidad del instalador frigorista correspondiente.

Verificaciones:

El director de la instalación verificará los siguientes elementos:

- Presostatos de seguridad
- Manómetros.
- Válvulas de seguridad.

5. NORMATIVA APLICADA

El presente proyecto ha sido realizado teniendo en cuenta y cumpliendo la siguiente normativa:

5.1 CONVENIOS, NORMAS UNE Y RD

- Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en la Mar (SOLAS).
- Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques (MARPOL).
- UNE-EN ISO 7547:2005/AC "embarcaciones y tecnología marina aire acondicionado y ventilación de los alojamientos condiciones de diseño y bases de cálculo".
- UNE 100-171-89 para climatización, aislamiento térmico y materiales para cámaras frigoríficas.
- RD 3099/1977 del 8 de septiembre, Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas.
- RD 2429/79 del 6 de julio, Normativa básica de la edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios.
- RD 3410/75 del 25 de Noviembre., Reglamentación General de Contratación.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.
- Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.
- Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

5.2 INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS

- ITC-MI-IF-01: Terminología.
- ITC-MI-IF-02: Clasificación de los refrigerantes.
- ITC-MI-IF-03: Clasificación de los sistemas de refrigeración.
- ITC-MI-IF-04: Utilización de los diferentes refrigerantes.
- ITC-MI-IF-05: Diseño, construcción, materiales y aislamiento empleados en los componentes frigoríficos.
- ITC-MI-IF-06: Componentes de las instalaciones.
- ITC-MI-IF-08: Protección de instalaciones contra sobrepresiones.
- ITC-MI-IF-09: Ensayos, pruebas y revisiones previas a la puesta en servicio.
- ITC-MI-IF-10: Marcado y documentación.
- ITC-MI-IF-12: Instalaciones eléctricas.
- ITC-MI-IF-14: Mantenimiento, revisiones e inspecciones periódicas de las instalaciones frigoríficas.
- ITC-MI-IF-15: Puesta en servicio de las instalaciones frigoríficas.
- ITC-MI-IF-16: Medidas de prevención y de protección personal.

- ITC-MI-IF-17: Manipulación de refrigerantes y reducción de fugas en las instalaciones frigoríficas.
- ITC-MI-IF-18: Identificación de tuberías y símbolos a utilizar en los esquemas de las instalaciones frigoríficas.

5.3 ESTÁNDARES ISO

- ISO-7547 Ships and marine technology – Air conditioning and ventilation of accommodation spaces. Design conditions and basis of calculations
- ISO-8863 Ship`s wheelhouse windows-Heating by hot air of glass panes.
- ISO-8864 Air-conditioning and ventilation of wheelhouse onboard ship- Design conditions and basis of calculations.

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

ANEXO II- PLANOS

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

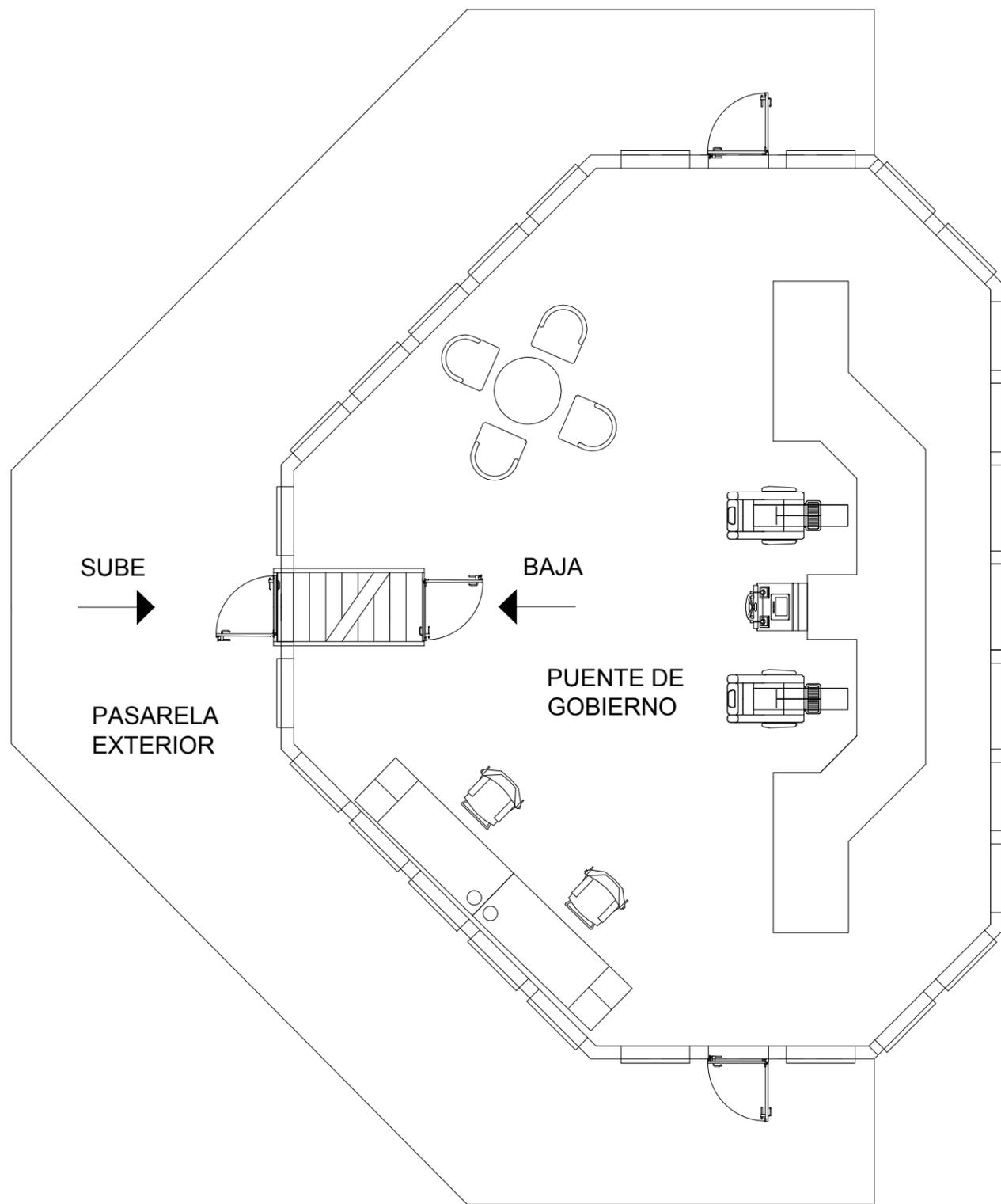
Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

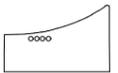
Curso: 2017-2018

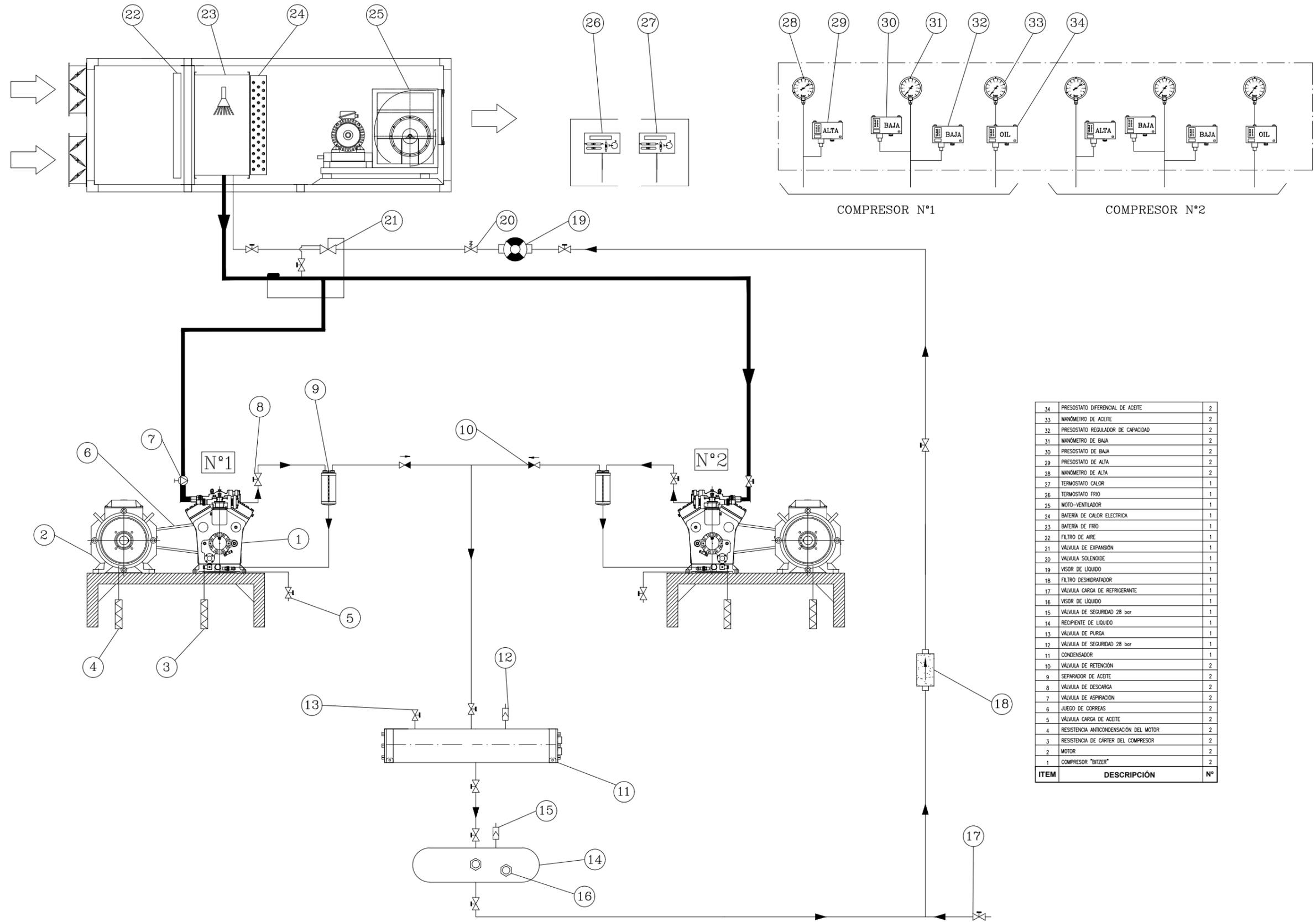
Fecha: Fecha: 17 de Julio de 2018

ÍNDICE

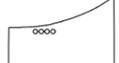
- PLANO Nº1. DISPOSICIÓN GENERAL DEL PUENTE DE GOBIERNO
- PLANO Nº2. ESQUEMA FRIGORÍFICO DE LA INSTALACIÓN
- PLANO Nº3. DISPOSICIÓN DE CONDUCTOS EN EL PUENTE DE GOBIERNO
- PLANO Nº4. BANCADA DE LA UNIDAD CONDENSADORA
- PLANO Nº5. DIMENSIONES DEL COMPRESOR
- PLANO Nº6. DIMENSIONES DEL CONDENSADOR
- PLANO Nº7. SOBREPUNTE CON UTA
- PLANO Nº8. DIMENSIONES DE LA UTA
- PLANO Nº9. DIMENSIONES MOTOR ELÉCTRICO
- PLANO Nº10. ESQUEMA ELÉCTRICO FUERZA I
- PLANO Nº11. ESQUEMA ELÉCTRICO FUERZA II
- PLANO Nº12. ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA I
- PLANO Nº13. ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA II
- PLANO Nº14. ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA III

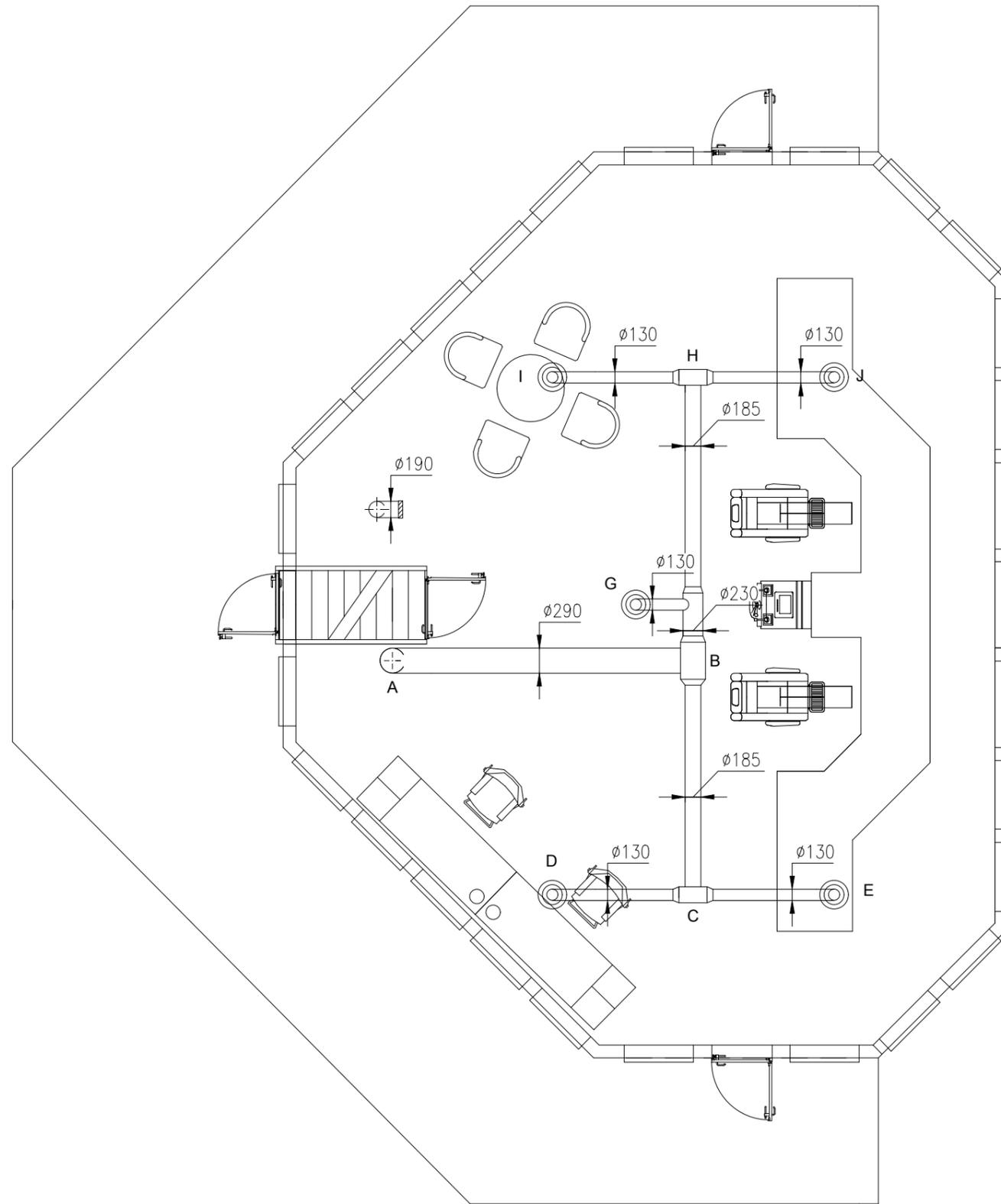


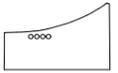
DIBUJADO	COMPROBADO	FECHA	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ANDER NESPRAL	ANDER NESPRAL	JUNIO 2018	
ESCALA: 1 : X	DISPOSICIÓN GENERAL PUENTE DE GOBIERNO		Nº 1

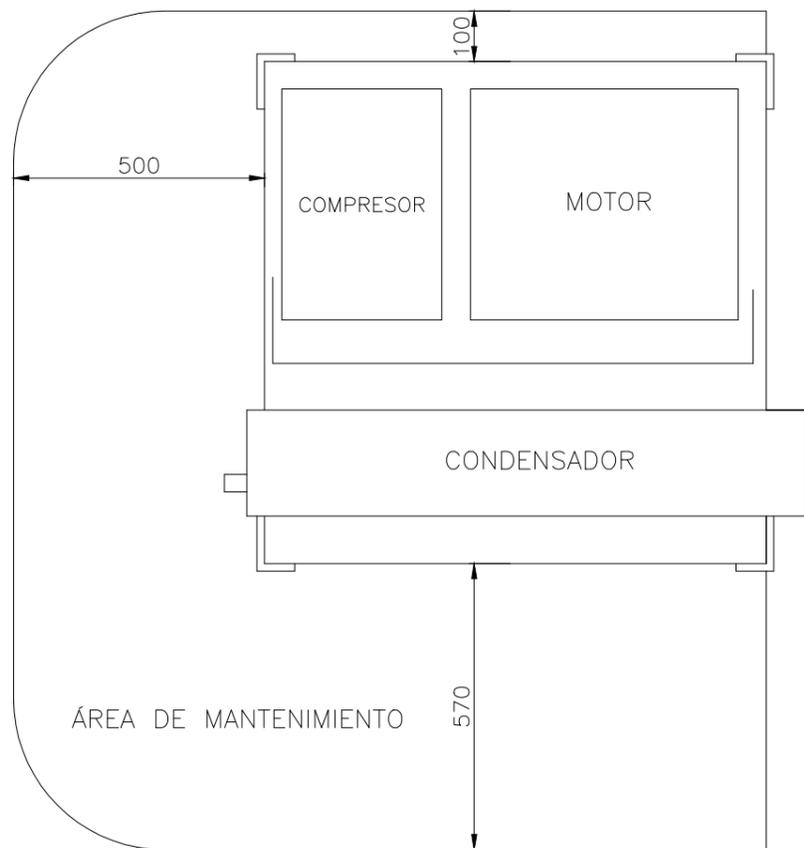
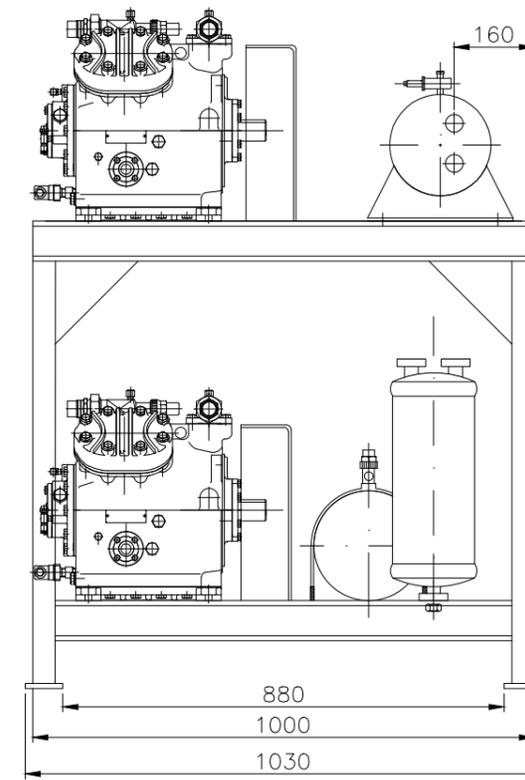
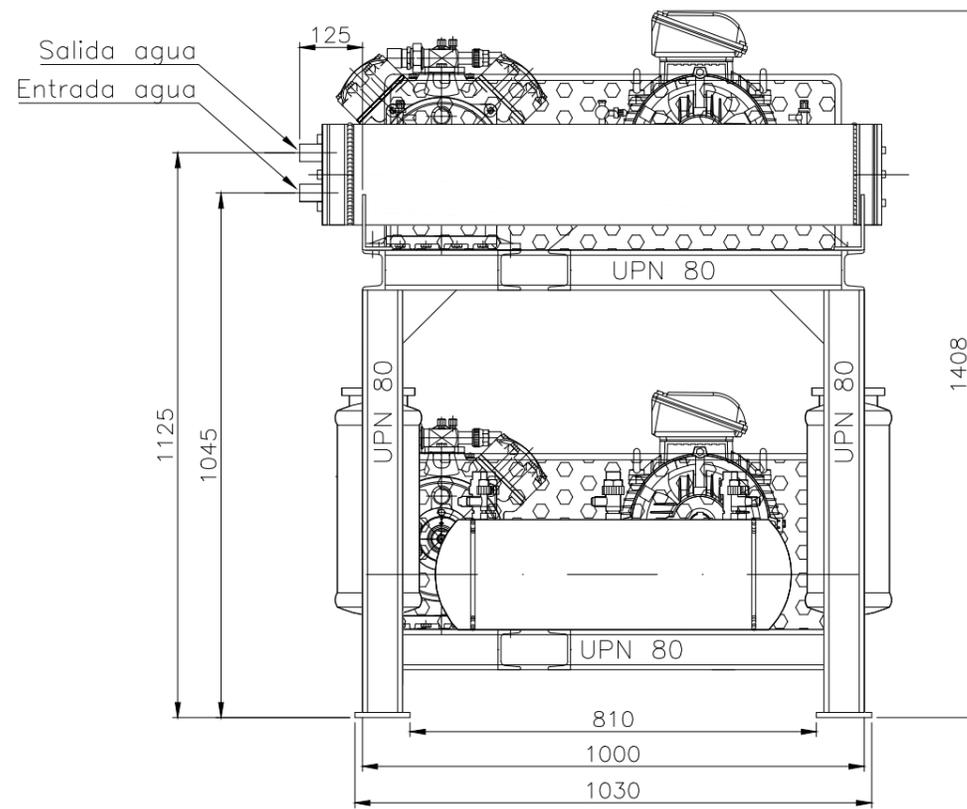


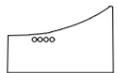
34	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE	2
33	MANÓMETRO DE ACEITE	2
32	PRESOSTATO REGULADOR DE CAPACIDAD	2
31	MANÓMETRO DE BAJA	2
30	PRESOSTATO DE BAJA	2
29	PRESOSTATO DE ALTA	2
28	MANÓMETRO DE ALTA	2
27	TERMOSTATO CALOR	1
26	TERMOSTATO FRIO	1
25	MOTO-VENTILADOR	1
24	BATERIA DE CALOR ELECTRICA	1
23	BATERIA DE FRIO	1
22	FILTRO DE AIRE	1
21	VÁLVULA DE EXPANSIÓN	1
20	VÁLVULA SOLENOIDE	1
19	VISOR DE LIQUIDO	1
18	FILTRO DESHIDRATADOR	1
17	VÁLVULA CARGA DE REFRIGERANTE	1
16	VISOR DE LIQUIDO	1
15	VÁLVULA DE SEGURIDAD 28 bar	1
14	RECIPIENTE DE LIQUIDO	1
13	VÁLVULA DE PURGA	1
12	VÁLVULA DE SEGURIDAD 28 bar	1
11	CONDENSADOR	1
10	VÁLVULA DE RETENCIÓN	2
9	SEPARADOR DE ACEITE	2
8	VÁLVULA DE DESCARGA	2
7	VÁLVULA DE ASPIRACION	2
6	JUEGO DE CORREAS	2
5	VÁLVULA CARGA DE ACEITE	2
4	RESISTENCIA ANTICONDENSACION DEL MOTOR	2
3	RESISTENCIA DE CARTER DEL COMPRESOR	2
2	MOTOR	2
1	COMPRESOR "BITZER"	2
ITEM	DESCRIPCIÓN	Nº

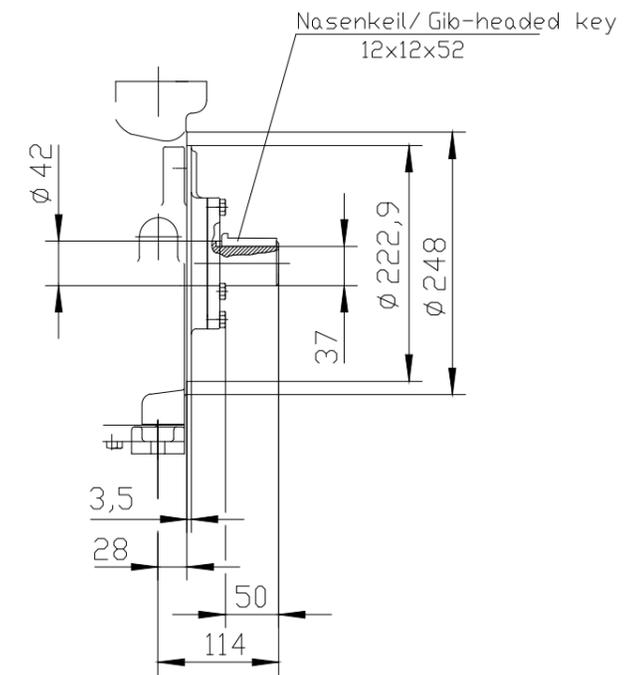
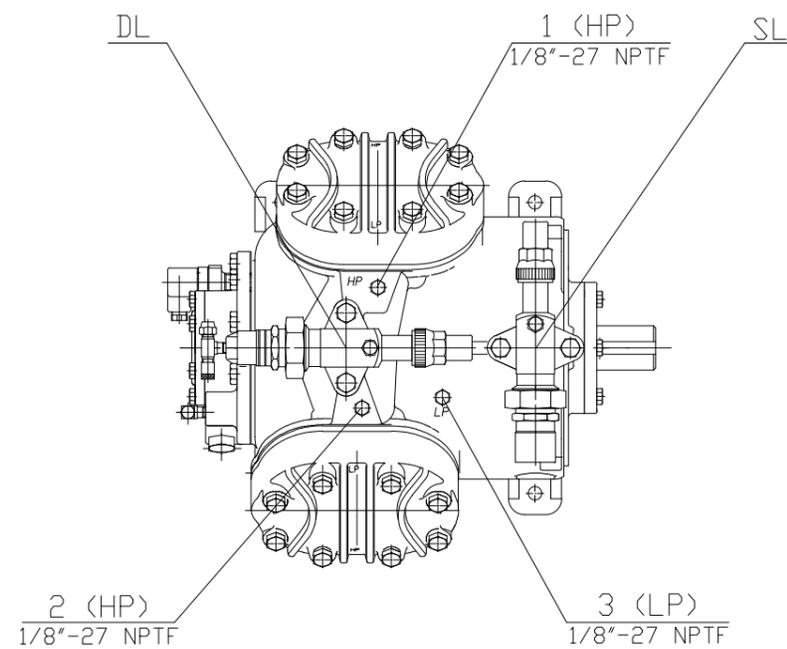
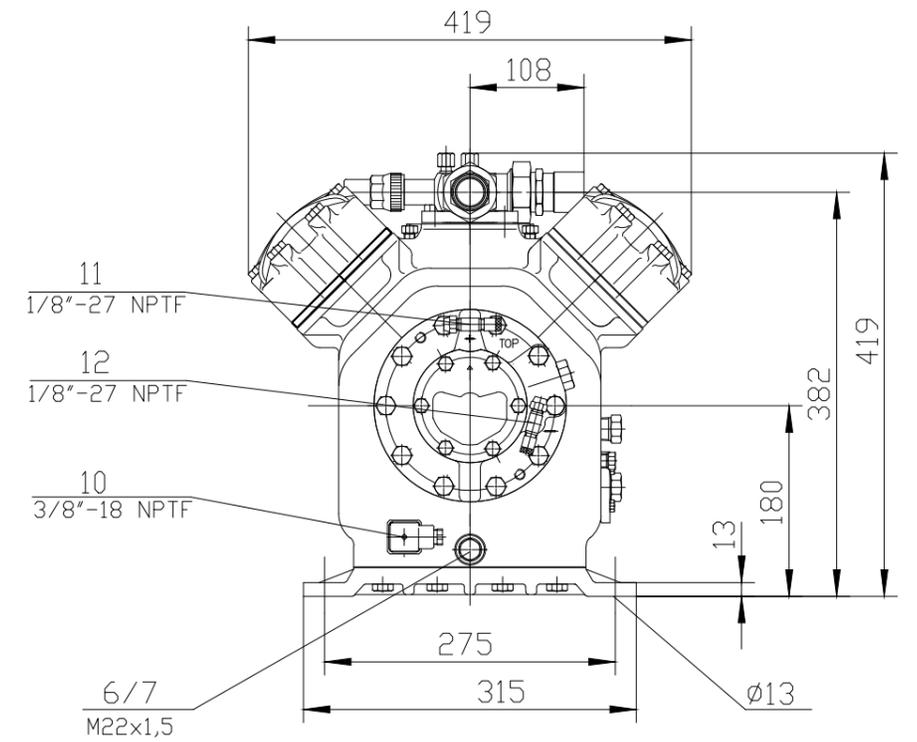
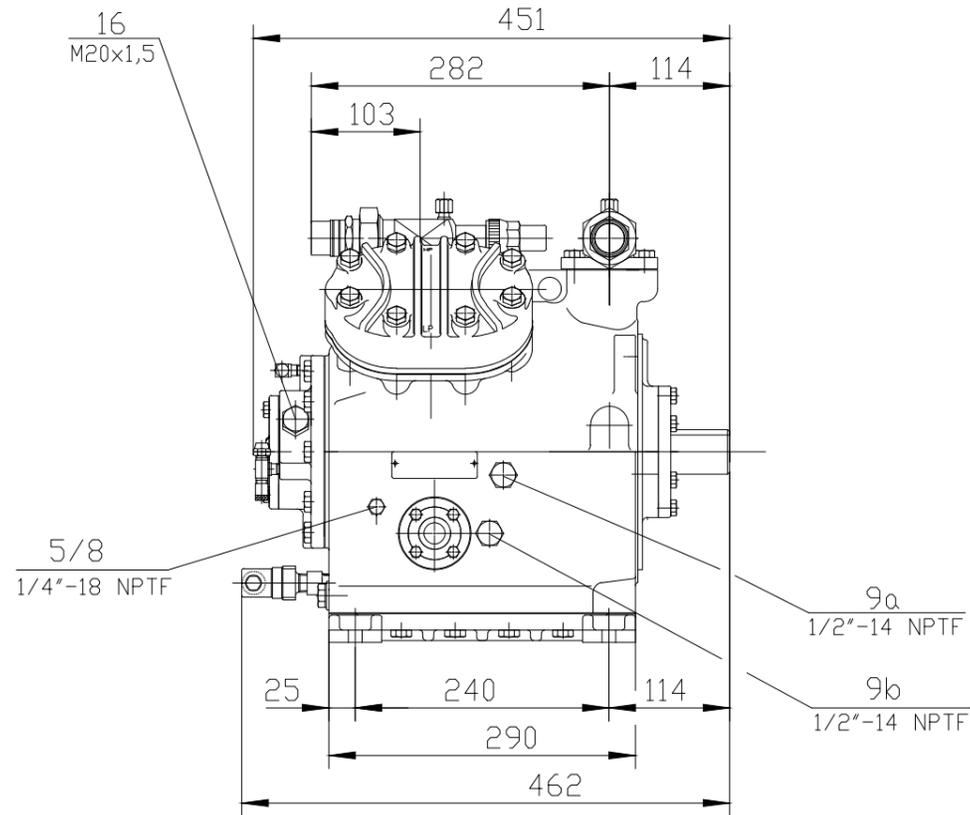
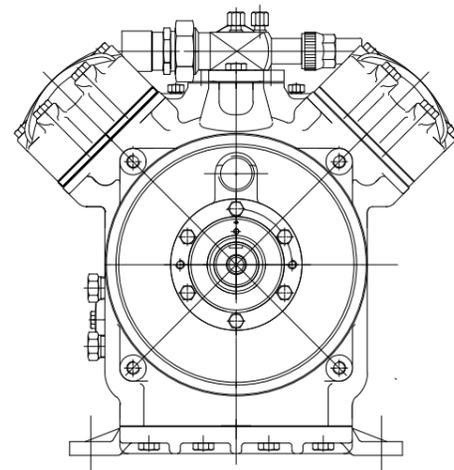
DIBUJADO	COMPROBADO	FECHA		ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ANDER NESPRAL	ANDER NESPRAL	JUNIO 2018		
ESCALA: 1 : X	ESQUEMA FRIGORÍFICO DE LA INSTALACIÓN			Nº 2

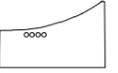


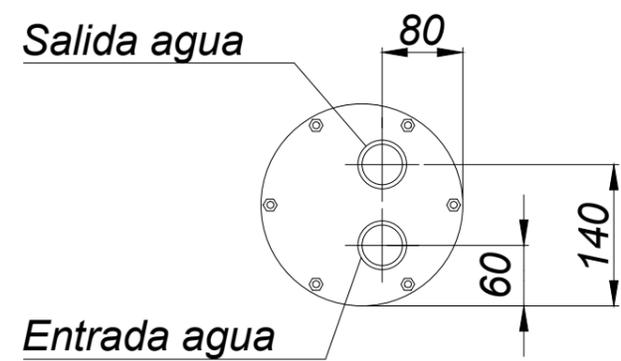
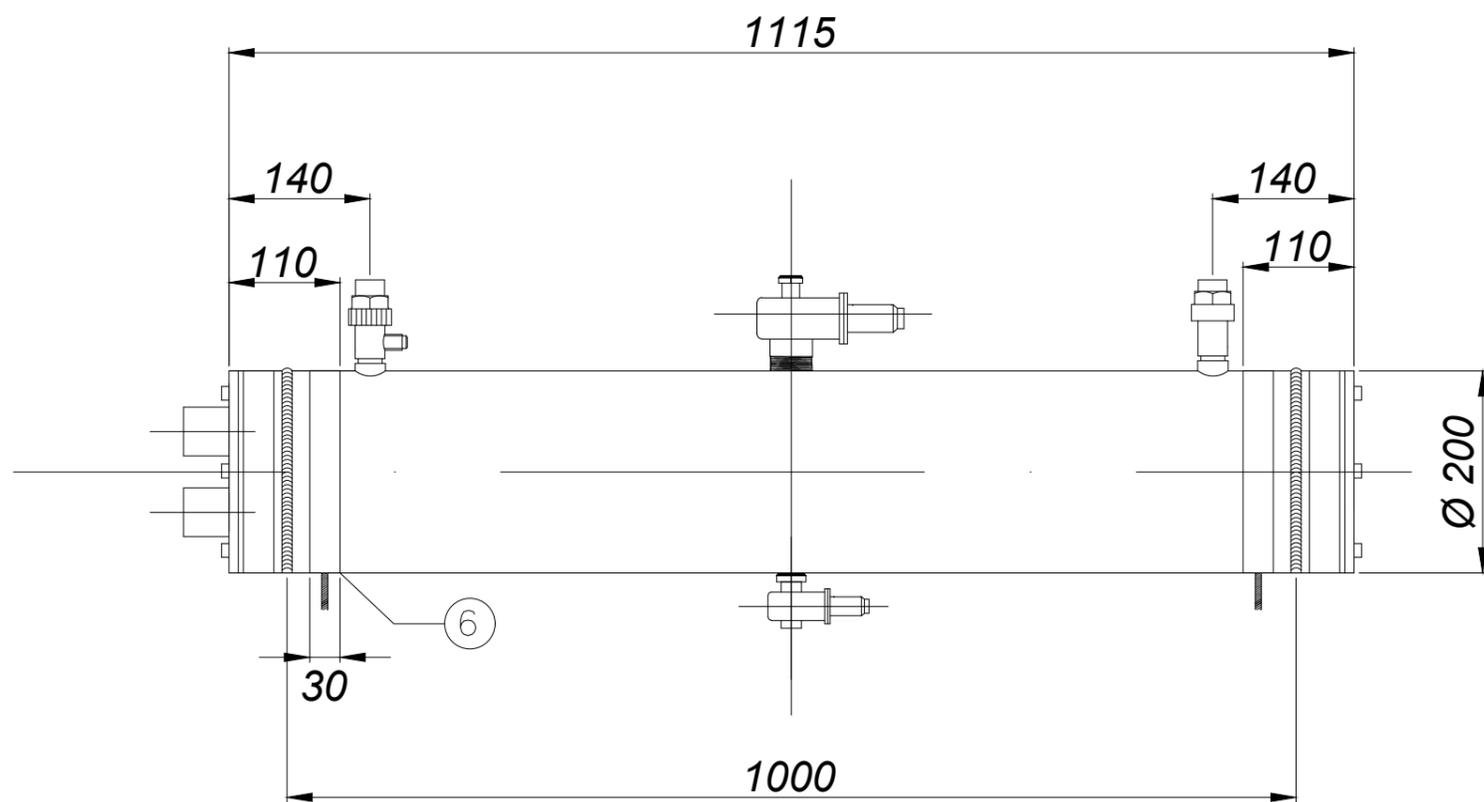
DIBUJADO ANDER NESPRAL	COMPROBADO ANDER NESPRAL	FECHA JUNIO 2018	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ESCALA: 1 : X	DISPOSICIÓN DE CONDUCTOS EN EL PUENTE DE GOBIERNO		



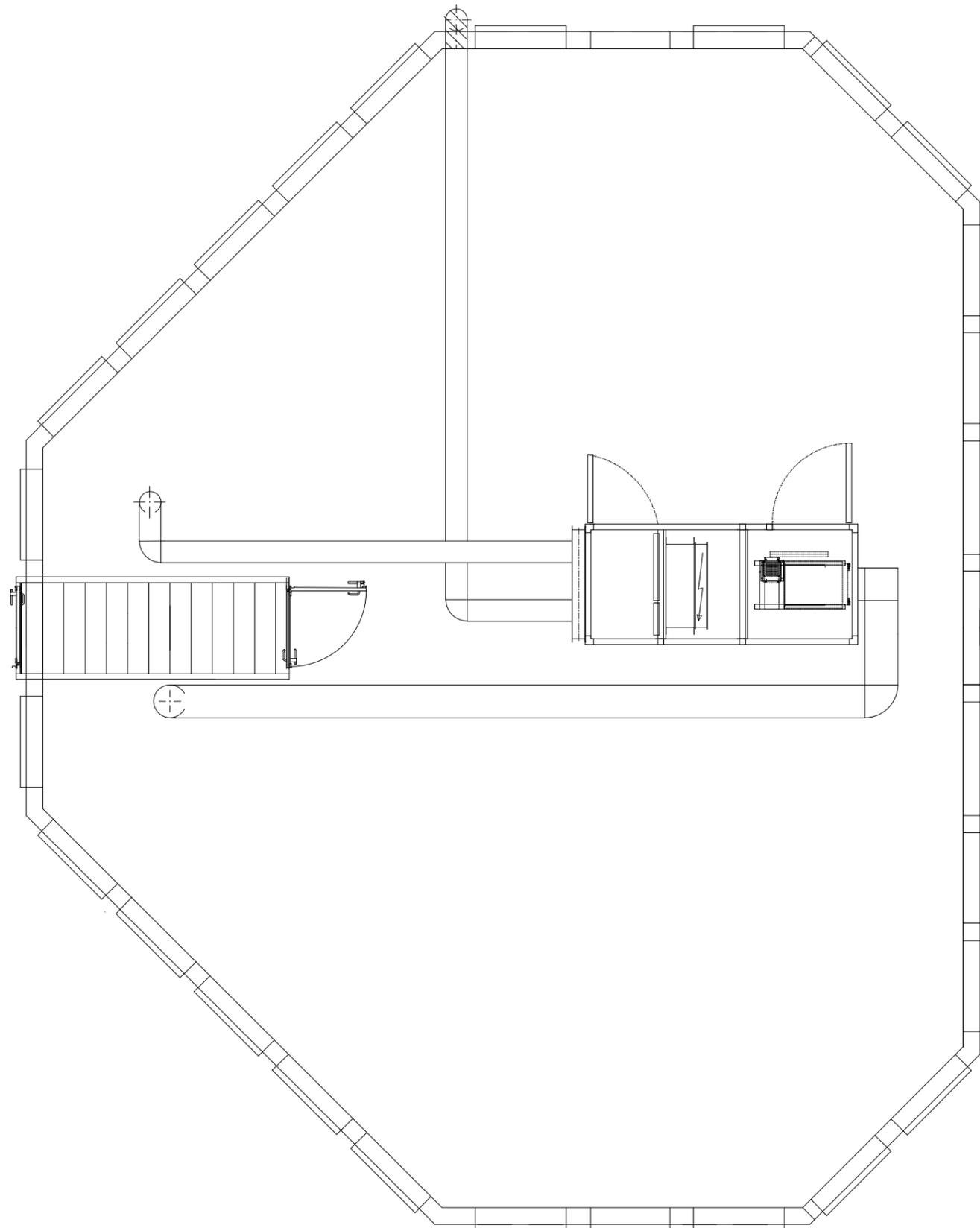
DIBUJADO	COMPROBADO	FECHA	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ANDER NESPRAL	ANDER NESPRAL	JUNIO 2018	
ESCALA: 1 : X	BANCADA DE LA UNIDAD CONDENSADORA		Nº 4



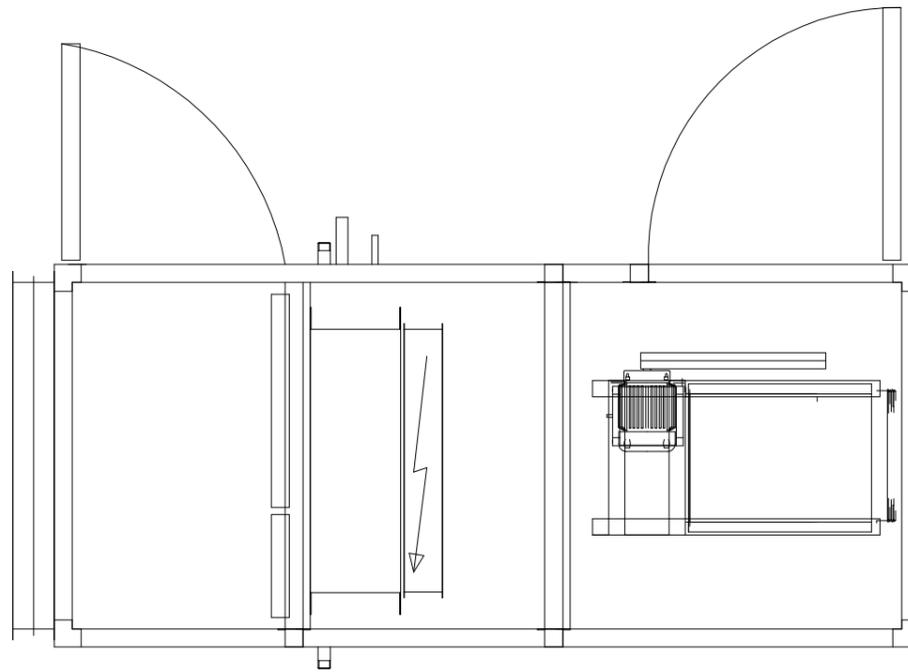
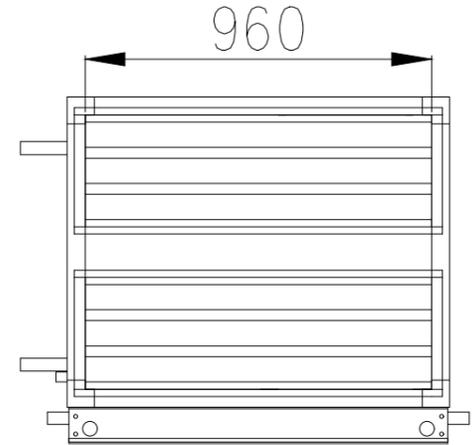
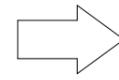
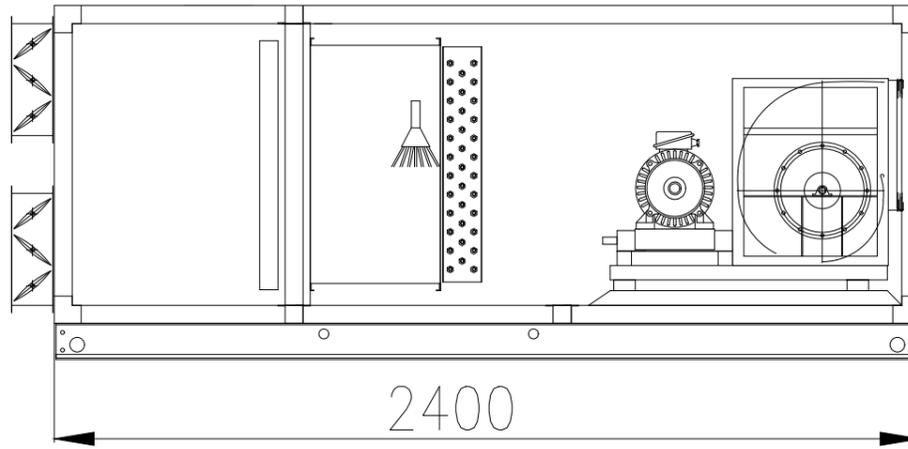
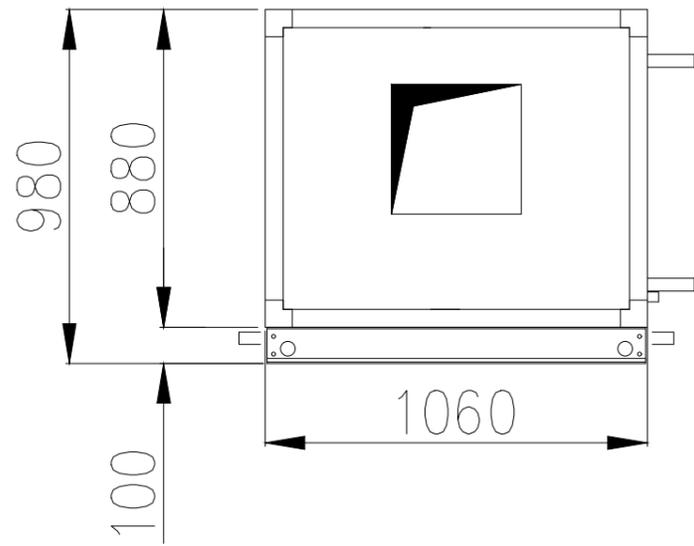
DIBUJADO ANDER NESPRAL	COMPROBADO ANDER NESPRAL	FECHA JUNIO 2018	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ESCALA: 1 : X		DIMENSIONES DEL COMPRESOR Nº 5	

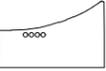


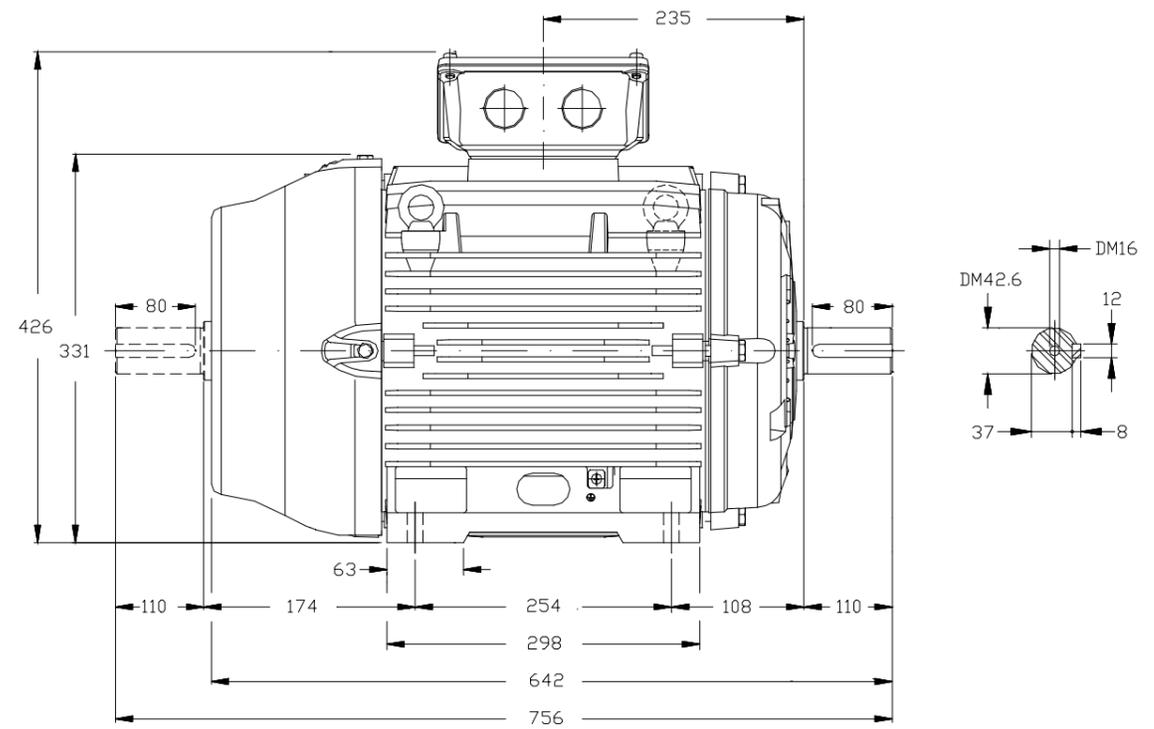
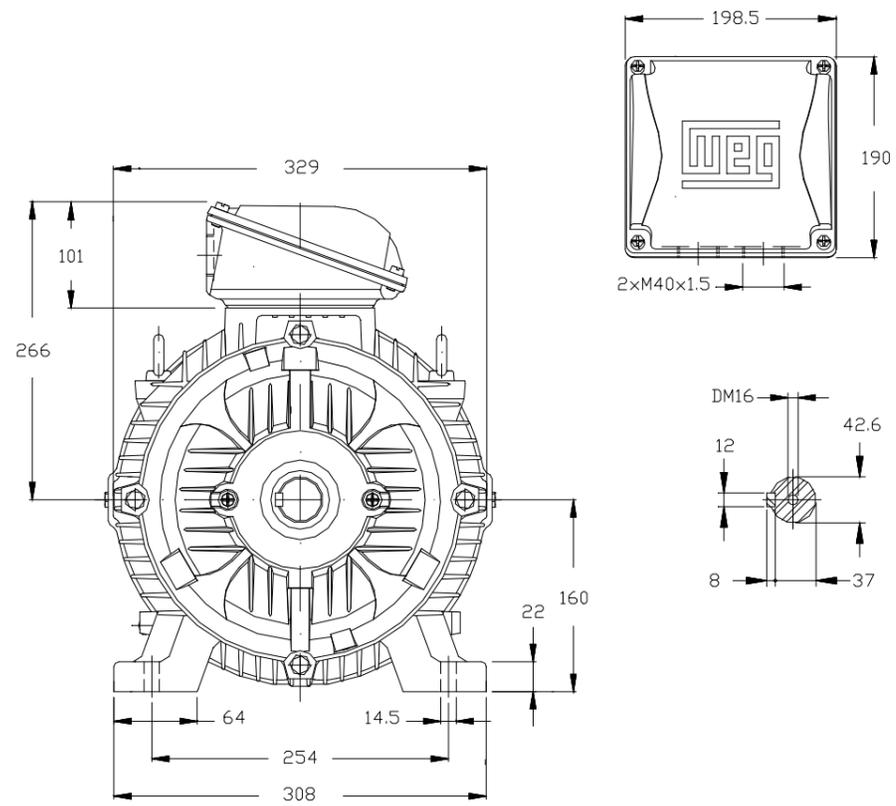
DIBUJADO	COMPROBADO	FECHA	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ANDER NESPRAL	ANDER NESPRAL	JUNIO 2018	
ESCALA:	DIMENSIONES DEL CONDENSADOR N° 6		
1 : X			

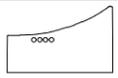


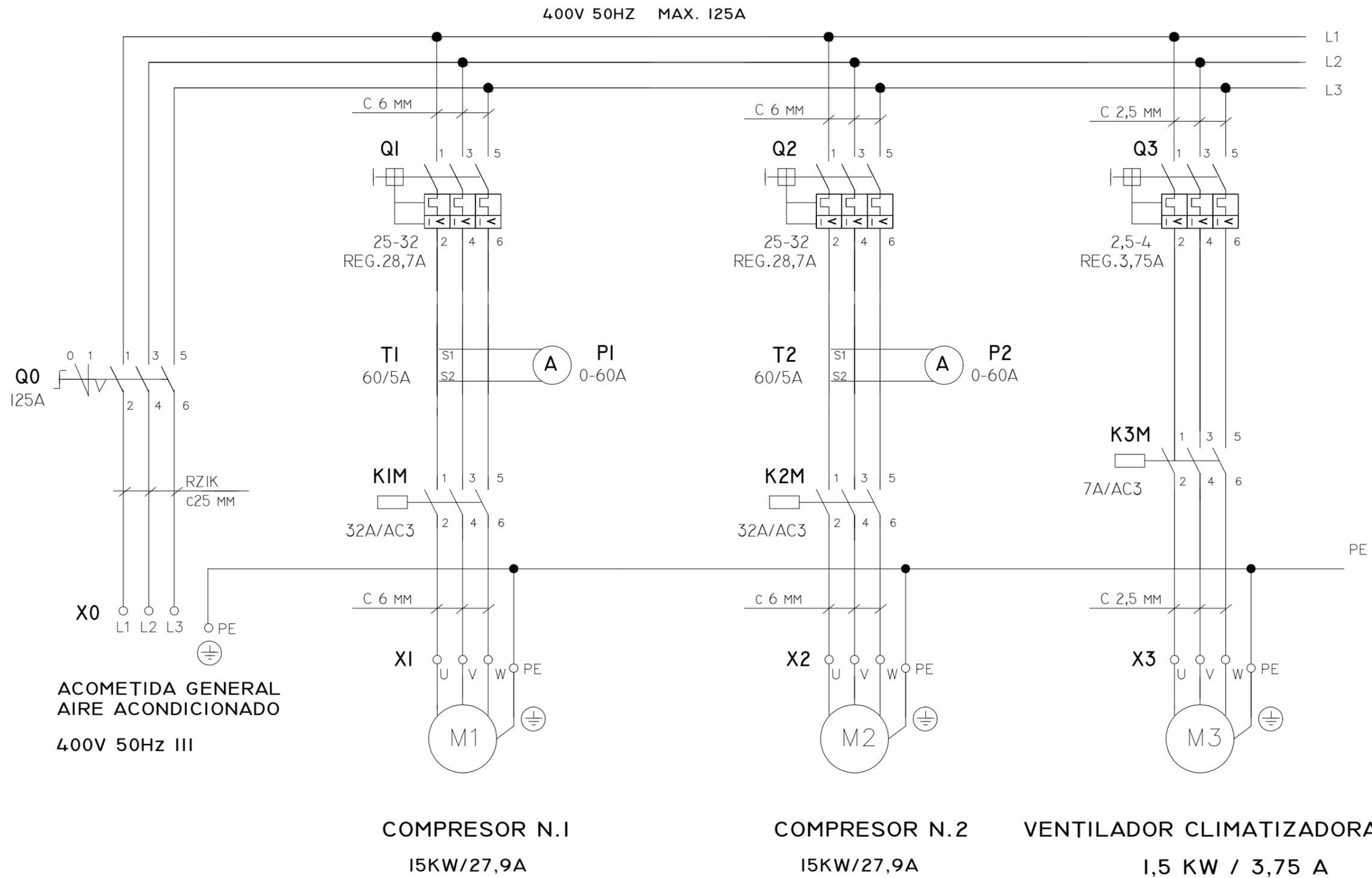
DIBUJADO	COMPROBADO	FECHA		ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ANDER NESPRAL	ANDER NESPRAL	JUNIO 2018		
ESCALA: 1 : X	SOBREPUNTE CON UTA			Nº 7



DIBUJADO ANDER NESPRAL	COMPROBADO ANDER NESPRAL	FECHA JUNIO 2018		ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ESCALA: 1 : X		DIMENSIONES DE LA UTA N° 8		



DIBUJADO	COMPROBADO	FECHA	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ANDER NESPRAL	ANDER NESPRAL	JUNIO 2018	
ESCALA:		DIMENSIONES MOTOR ELÉCTRICO N° 9	
1 : X			

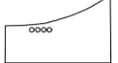


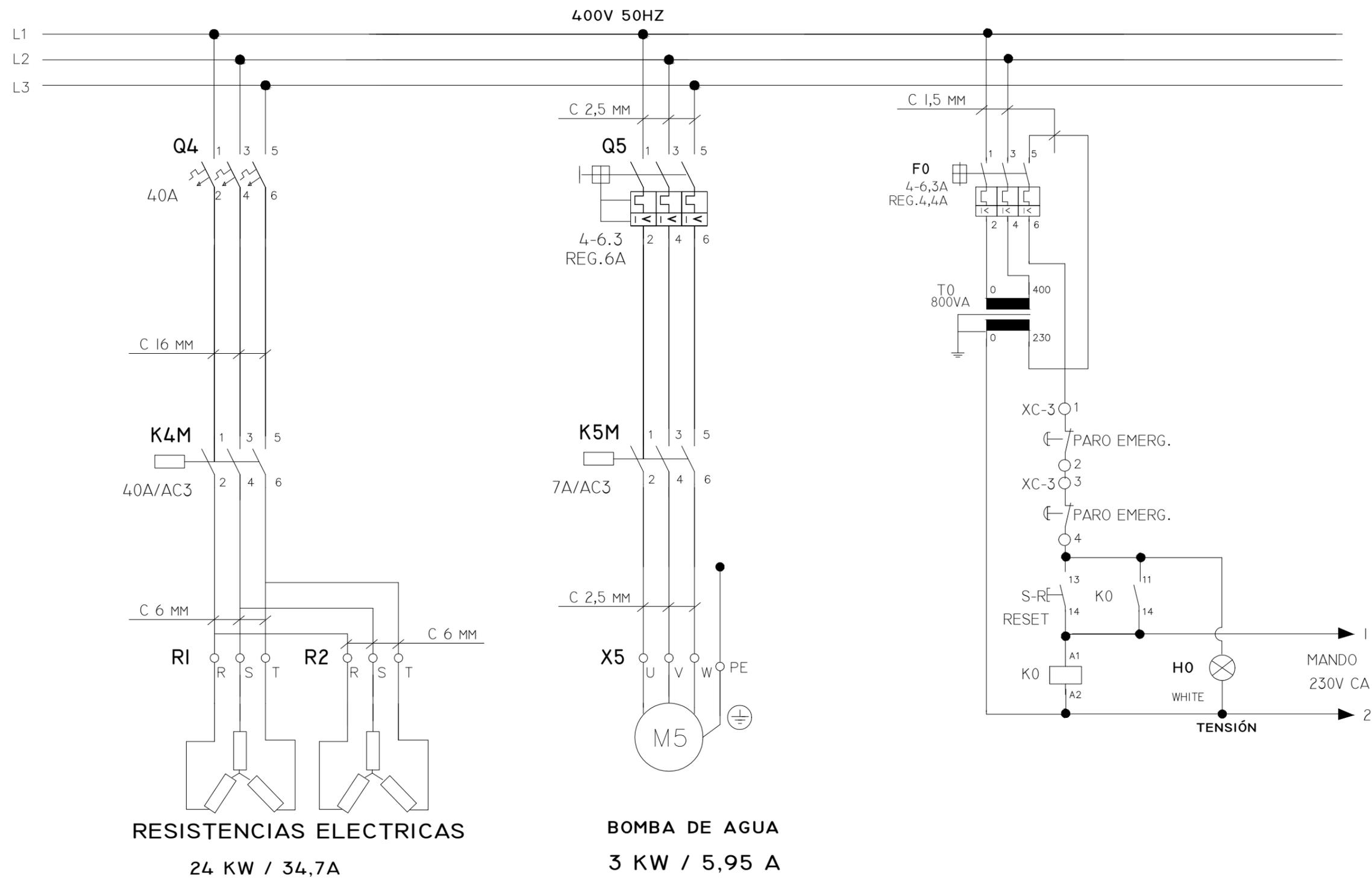
ACOMETIDA GENERAL
AIRE ACONDICIONADO
400V 50Hz III

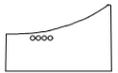
COMPRESOR N.1
15KW/27,9A

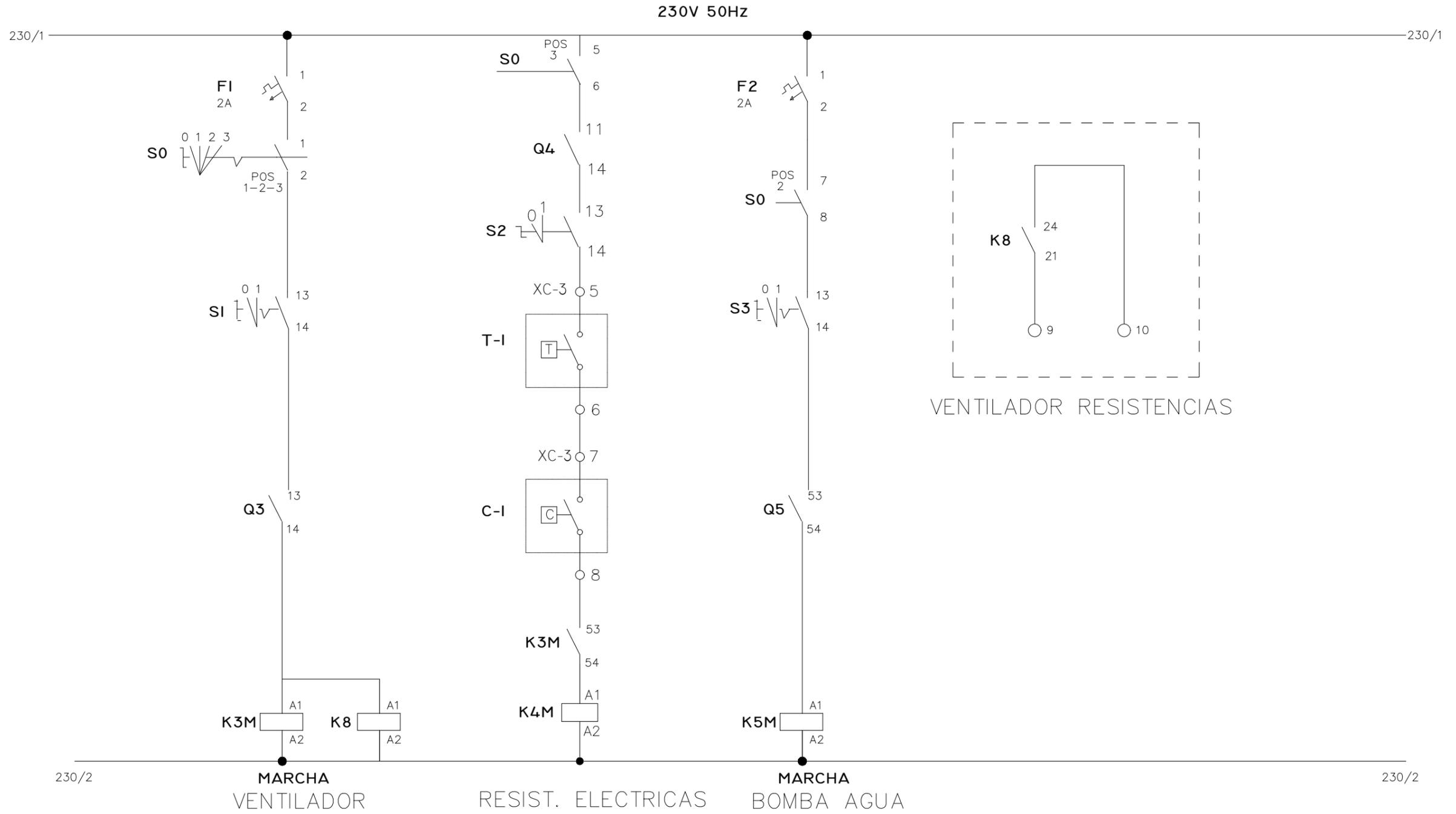
COMPRESOR N.2
15KW/27,9A

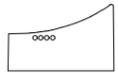
VENTILADOR CLIMATIZADORA
1,5 KW / 3,75 A

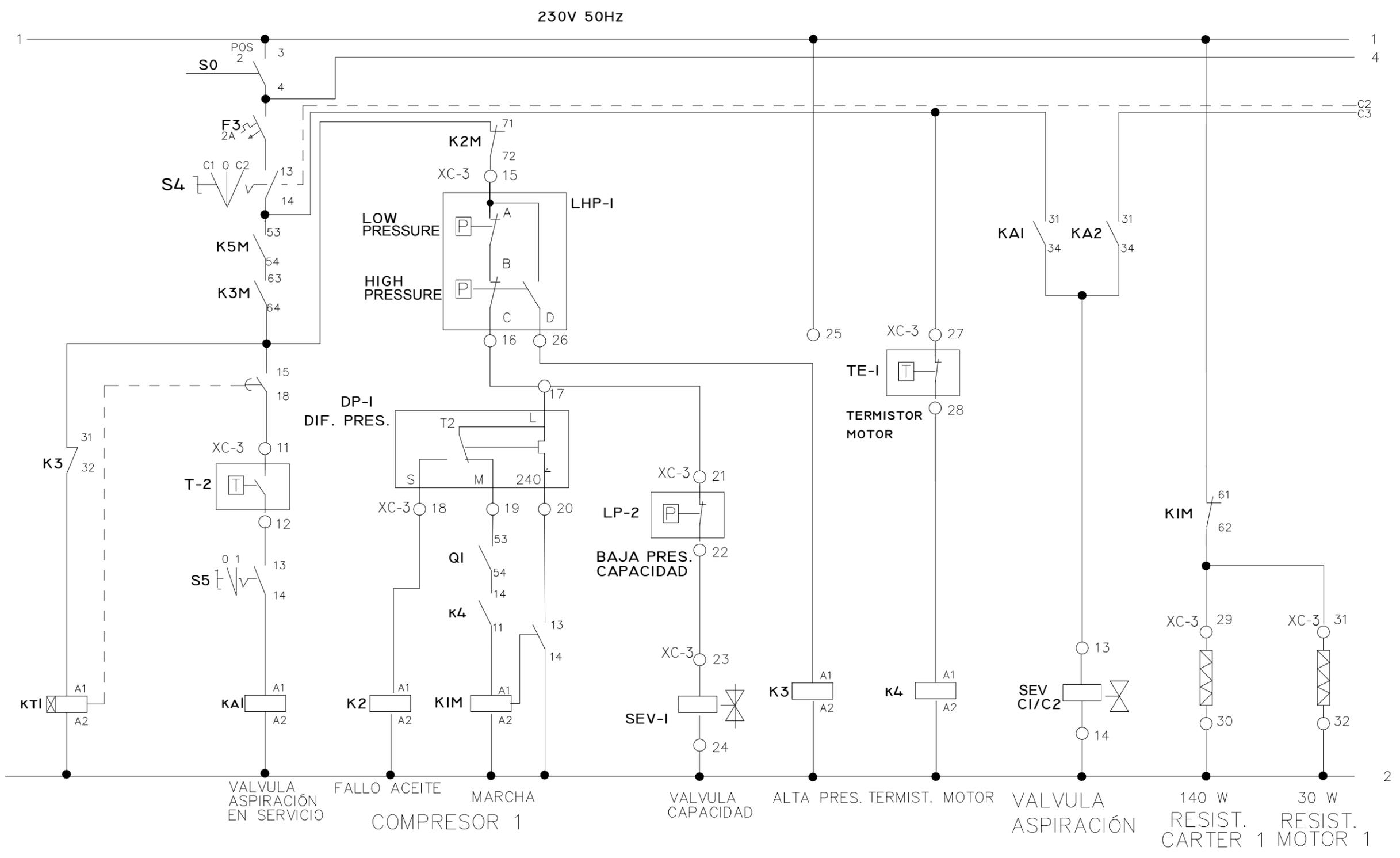
DIBUJADO ANDER NESPRAL	COMPROBADO ANDER NESPRAL	FECHA JUNIO 2018	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ESCALA: 1 : X		ESQUEMA ELÉCTRICO FUERZA I N° 10	

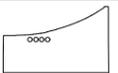


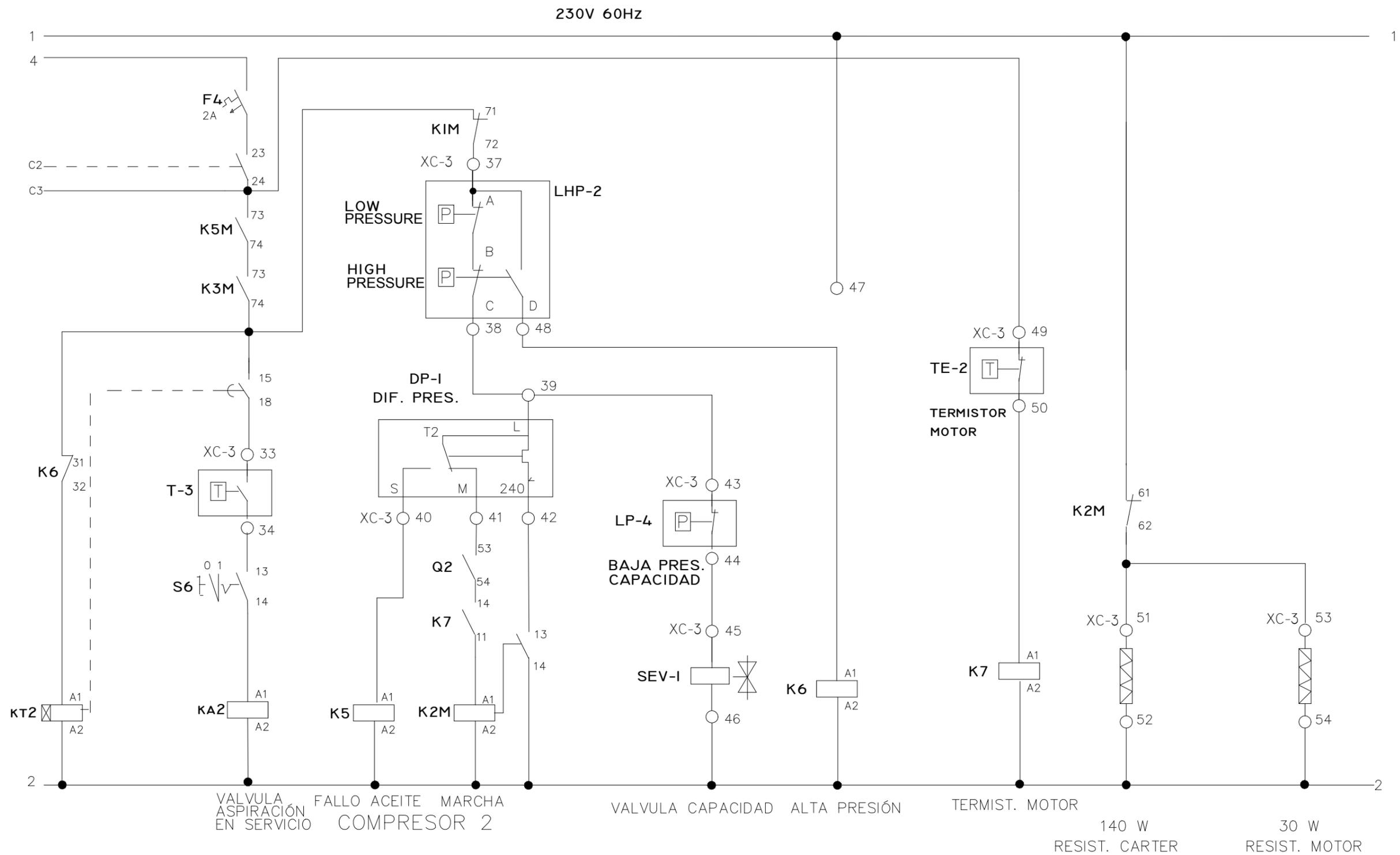
DIBUJADO ANDER NESPRAL	COMPROBADO ANDER NESPRAL	FECHA JUNIO 2018	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ESCALA: 1 : X		ESQUEMA ELÉCTRICO FUERZA II	



DIBUJADO	COMPROBADO	FECHA	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ANDER NESPRAL	ANDER NESPRAL	JUNIO 2018	
ESCALA: 1 : X	ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA I		Nº 12



DIBUJADO ANDER NESPRAL	COMPROBADO ANDER NESPRAL	FECHA JUNIO 2018	 ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ESCALA: 1 : X		ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA II Nº 13	



DIBUJADO	COMPROBADO	FECHA		ETS NÁUTICA Y MÁQUINAS NAVALES
ANDER NESPRAL	ANDER NESPRAL	JUNIO 2018		
ESCALA: 1 : X		ESQUEMA ELÉCTRICO MANIOBRA III		Nº 14

GRADO EN MARINA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO PARA LA CLIMATIZACIÓN
DE UN PUENTE DE GOBIERNO DE UN
BUQUE***

ANEXO III- MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Alumno/Alumna: Nespral, Sordo, Ander

Director/Directora: Larrabe, Barrena, Juan Luis

Curso: 2017-2018

Fecha: Fecha: 17 de Julio de 2018

ÍNDICE

1. OPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.....	101
1.1 PUESTA EN MARCHA.....	101
1.2 PARADA DE LA PLANTA.....	102
1.3 CARGA DE REFRIGERANTE.....	102
1.4 REVISIÓN DE FUGAS.....	103
1.5 LUBRICACIÓN.....	103
1.5.1 Propiedades de los aceites.....	104
1.5.2 Características.....	104
1.5.3 Cambio de aceite.....	105
1.5.4 Carga de aceite.....	106
2. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	107
2.1 REVISIONES PERIÓDICAS.....	107
2.2 COMPROBACIÓN DE CONTROLES Y ALARMAS.....	107
2.2.1 Presostato de alta y alarma.....	107
2.2.2 Presostato diferencial de aceite.....	108
2.2.3 Termostatos de alarmas.....	108
2.3 AVERÍAS.....	108

1. OPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

1.1 PUESTA EN MARCHA

Cuando se prevea que se haya de poner en marcha la planta, al menos dos horas antes se conectarán las resistencias del cárter y se abrirá la llave de descarga del compresor.

Antes de poner en marcha se comprobará:

- a) Que el nivel de aceite en el cárter es correcto.
- b) Con las llaves del compresor cerradas aflojar las conexiones de los manómetros, comprobando que las agujas marcan presión cero, apretando después los acoplamientos de manómetros.
- c) Abrir la llave de descarga a tope y dar dos vueltas en el sentido de cierre.
- d) Comprobar que el ajuste de presostatos de alta y baja son correctos.
- e) Poner en marcha la bomba de agua de condensación y abrir las llaves manuales de este servicio.
- f) Abrir dos vueltas la llave del compresor.
- g) Poner en marcha el compresor abriendo lentamente la llave de aspiración para evitar la subida brusca de la presión, pero evitando también que la presión de aspiración baje de la atmosférica. Si en esta maniobra se observa espuma en el aceite o se escuchan golpes de líquido en el compresor, parar inmediatamente arrancando nuevamente con la llave de aspiración casi cerrada. Durante este proceso se observarán burbujas en el visor de líquido que desaparecerán cuando la instalación esté en régimen normal de funcionamiento, de lo contrario indica que la instalación está corta de refrigerante.
- h) También es posible que el proceso de arranque baje el nivel de aceite en el cárter que se recuperará tras diez o quince minutos de funcionamiento, si no fuera así se habrá de cargar aceite hasta que alcance el nivel.
- i) Después de unos minutos de funcionamiento del compresor, comprobar con la mano la temperatura de retorno de aceite del separador al compresor. Si el tubo se encuentra muy frío significa obstrucción o falta de accionamiento de la boya. Si se calienta en exceso, significa que se pasan gases por falta de cierre del asiento del flotador. En ambos casos será necesario desmontar el sistema de flotación y reparar la avería.
- j) A partir del arranque se observará el funcionamiento hasta que las presiones de alta y baja se hayan estabilizado.

1.2 PARADA DE LA PLANTA

Cuando se haya de parar la instalación para un periodo largo de tiempo se realizará la siguiente maniobra:

1. Cerrar la llave de salida del líquido del depósito.
2. Cortocircuitar el presostato de baja.
3. Tener funcionando el compresor (observando atentamente la presión de alta del circuito) hasta que el manómetro de baja indique una presión ligeramente superior a la atmosférica, entonces parara el compresor y dejar funcionando la bomba de agua de condensación. Cuando suba suficientemente la presión de baja, volver a arrancar el compresor, repitiendo la operación al menos tres veces. Cuando las presiones en alta y baja se hayan igualado, parar el compresor y bomba cerrando todas las llaves de la instalación y desconectar el interruptor general del cuadro de arrancadores.
4. Todos los circuitos deben quedar a una presión superior a la atmosférica.

1.3 CARGA DE REFRIGERANTE

En la carga de refrigerante se pueden dar dos circunstancias; cuando se trata de completar la carga como consecuencia de fugas en la instalación, o una intervención en la misma por reparación o sustitución de algún aparato. Esta última se da cuando se carga la instalación por primera vez o cuando ha quedado totalmente vacía de refrigerante.

Si se trata solamente de completar la carga, esta se realizará normalmente por el circuito de alta presión y las operaciones a realizar serán las siguientes:

- Comprobar que el gas que contiene el envase es el correcto.
- Comprobar si el envase está equipado con sonda o si se encuentra sin ella. Esta comprobación se realiza abriendo la llave de salida de la botella; si al abrir sale líquido es que está equipada con sonda, si solo saliera gas es que no lleva sonda.
- Si el envase tiene sonda se colocará vertical y de pie, si no la tubería se colocará también vertical pero invertida.
- Conectar el tubo de carga a la válvula de la botella apretando y conectando el otro extremo del tubo al circuito y dejándolo flojo. Abrir ligeramente la llave de la botella para que la presión del gas arrastre al exterior el aire contenido en el tubo, luego apretar la conexión y abrir totalmente las llaves de la botella y esperar hasta que el refrigerante llene el circuito y no se observen burbujas en el visor. Por último cerrar la llave del circuito y desconectar el envase colocando siempre el capuchón protector de la llave.
- Si la carga se efectúa por el circuito de aspiración se procederá del mismo modo, pero con distinta posición del envase, esto es, invertida si tiene sonda y de pie si no la tiene, con el fin de que no entre líquido en el circuito. Este último método es

más lento y conlleva más riesgo por el peligro de que llegue golpes de líquido al compresor; en el caso de que se observarán estos golpes, cerrar rápidamente la llave de la botella.

- Cuando se trate de cargar gas en la instalación por primera vez o después de una intervención grande, en la que el circuito o una parte importante de él haya quedado vacía, se realizará la misma operación, pero previamente se realizará una prueba de fugas y un vacío con bomba de 7 mmHg por un tiempo mínimo de 12 horas. Durante el periodo de vaciado se procurará que la temperatura del circuito sea lo más alta posible.
- Una vez concluida la maniobra de carga de gas se taponará la conexión libre de la válvula de carga de la instalación con tuerca ciega o tuerca con virola para evitar la entrada de suciedad en la siguiente carga.

1.4 REVISIÓN DE FUGAS

Periódicamente la instalación se someterá a una revisión de fugas. Se realizará además cuando se observe que baja de una forma continuada el nivel del visor de refrigerante.

Estas revisiones se realizarán bien con lámpara electrónica o con lámpara de gas, a falta de ambas la revisión se efectuará aplicando agua jabonosa en las conexiones, soldaduras del circuito y en las placas del condensador.

Cuando la revisión se realice para la primera puesta en marcha o después de una reparación general se someterá a todo el circuito a presión de nitrógeno seco u otro gas inerte previamente secado. Nunca emplear Oxígeno.

La presión a la que se sometan los circuitos en ningún caso sobrepasará vez y media la de trabajo. La prueba de presión se realizará siempre con las llaves de aspiración y descarga del compresor cerradas y anuladas las conexiones a los presostatos de alta y baja. Cuando la prueba de fugas se realice con lámpara detectora de cualquier tipo, se mezclará a la carga de nitrógeno una pequeña cantidad de refrigerante para poder localizar las fugas.

Los circuitos de alta y baja se someterán a presión independientemente.

1.5 LUBRICACIÓN

Los aceites empleados en la refrigeración no son comunes y han de tener propiedades especiales.

Los aceites, atendiendo a su origen pueden ser: animales, vegetales y minerales. Los dos primeros se denominan "fijos" a causa de que no pueden ser refinados sin descomponerse. Son inestables y tienden a formar ácidos y gomas que los hacen inadecuados para las instalaciones de refrigeración.

Los aceites más adecuados para la refrigeración son los de nafteno por las siguientes razones:

- Fluyen mejor a bajas temperaturas.

- Los depósitos de carbón son de naturaleza blanda y pueden ser fácilmente eliminados.
- Depositán menos cera a temperaturas bajas.

1.5.1 Propiedades de los aceites

Para satisfacer los requisitos en un sistema de refrigeración, el aceite debe tener las siguientes propiedades:

- a) Conservar la consistencia para lubricar a alta temperatura y ser suficientemente ligero para que fluya a baja temperatura.
- b) Tener un punto de congelación suficientemente bajo para que fluya a todas las partes del sistema.
- c) No dejar depósitos de carbón cuando está en contacto con superficies calientes del sistema.
- d) No dejar depósitos de cera cuando esté expuesto a la temperatura más baja del sistema.
- e) Contener poco o ningún ácido
- f) Tener altos puntos de inflamación y combustión.
- g) Ser estables en presencia de oxígeno.
- h) Tener alta resistencia eléctrica.
- i) No contener compuestos de azufre.
- j) No tener humedad.
- k) Ser de color claro, que identifique una refinación correcta.

1.5.2 Características

Las características que se han de tener en cuenta al seleccionar el aceite a emplear son las siguientes:

Viscosidad o coeficiente de rozamiento interno, del cual depende la resistencia a fluir, e indica cuan espeso o ligero es el aceite. La viscosidad es afectada por la temperatura, por lo que constituye una característica importante en la refrigeración. En aplicaciones a baja temperatura, el aceite se hace más viscoso en las zonas frías del circuito y opone mayor resistencia al flujo, por lo que puede resultar un problema serio.

Si el aceite se almacena en el evaporador disminuyendo la transferencia de calor y puede crear una seria avería por deficiencia de lubricación en el compresor.

El aceite se hace menos viscoso a altas temperaturas. Un cárter demasiado caliente puede adelgazar la película de engrase hasta un punto que ya no pueda lubricar correctamente. El aceite a emplear debe conservar suficiente cuerpo para lubricar a alta temperatura y al mismo tiempo ser suficientemente fluido para circular correctamente a la más baja temperatura del circuito. El aceite deberá ser elegido con la menor viscosidad posible para la función a que está destinado.

Punto de congelación. El punto de congelación es la temperatura a la que deja de fluir. El punto de congelación depende del contenido de cera, de la viscosidad o de ambas. Con el refrigerante, parte del aceite es transportado al evaporador; por pequeña que sea esta cantidad, este aceite debe ser retornado al compresor, para lo cual debe poder circular por el evaporador sin estancamientos.

Carbonización. Todos los aceites pueden ser descompuestos por el calor y cuando esto ocurre queda un depósito de carbón en las zonas calientes. El carbón depositado es duro y adhesivo en aceites de basa parafinado formando lodo indeseable que raya las piezas de fricción y forma un revestimiento de cobre. Se debe emplear un aceite tan bajo como sea posible en la carbonización.

Neutralización. Todos los aceites tienen tendencia a la acidificación. El número de neutralización es la medida de cantidad de reactivo que se debe añadir al aceite para ponerlo en condición neutra. Un número bajo de neutralización es conveniente en los aceites de refrigeración para evitar oxidación en las piezas.

Rigidez dieléctrica. Es la medida de la resistencia de un aceite al paso de la corriente eléctrica. Un buen aceite de refrigeración debe tener una rigidez dieléctrica de 25 Kv o más. En grupos herméticos la rigidez dieléctrica debe ser muy alta, de lo contrario la vida de los arrollamientos será corta.

Punto de inflamación y combustión. Punto de inflamación es la temperatura a la cual el aceite se enciende en contacto con una llama. Punto de combustión es la temperatura a la que continua ardiente. El punto de inflamación de un aceite adecuado se debe acercar a los 200°C.

Estabilidad de oxidación. Es la aptitud del aceite para mantenerse estable en presencia del oxígeno; un alto grado de estabilidad es aconsejable para evitar la formación de ácidos y lodos.

Tendencia a la corrosión. El aceite a emplear en las instalaciones frigoríficas debe tener poca tendencia a la corrosión. Una alta tendencia significa contenidos indeseables de azufre pudiendo originar serios problemas mecánicos.

Contenido en humedad. La humedad en cualquier forma es nociva para el sistema de refrigeración y por lo tanto los aceites a emplear deben ser completamente secos.

1.5.3 Cambio de aceite

Cuando se vaya a completar la carga de aceite en la instalación se debe hacer con la misma marca y tipo que contiene. En caso de no ser posible se deberá vaciar el cárter y efectuar la carga completa, procurando purgar al máximo posible el aceite del circuito. Las mezclas de dos o más aceites dan como resultado uno de inferior calidad a cualquiera de ellos, pudiendo además descomponerse o depositar sedimentos perjudiciales.

Cuando se cargue aceite en el compresor debe estar completamente seco. El aceite que se tenga de reserva debe quedarse en un recipiente bien cerrado y en un sitio caliente con el fin de evitar el contacto con el aire y la contaminación, y con la humedad contenida en el mismo.

En una instalación nueva, será necesario cambiar el aceite tras las 100 o 150 primeras horas de funcionamiento. Los siguientes cambios se harán una vez cada año de funcionamiento a menos que se observe antes una decoloración que indique contaminación o descomposición.

Cuando se vaya a completar la carga de aceite en la instalación se debe hacer con la misma marca y tipo que contiene. En caso de no ser posible se deberá vaciar el cárter y efectuar la carga completa, procurando purgar al máximo posible el aceite del circuito. Las mezclas de dos o más aceites dan como resultado uno de inferior calidad a cualquiera de ellos, pudiendo además descomponerse o depositar sedimentos perjudiciales.

Cuando se cargue aceite en el compresor debe estar completamente seco. El aceite que se tenga de reserva debe quedarse en un recipiente bien cerrado y en un sitio caliente con el fin de evitar el contacto con el aire y la contaminación, y con la humedad contenida en el mismo.

En una instalación nueva, será necesario cambiar el aceite tras las 100 o 150 primeras horas de funcionamiento. Los siguientes cambios se harán una vez cada año de funcionamiento a menos que se observe antes una decoloración que indique contaminación o descomposición.

Los compresores están equipados con un visor de nivel. La carga de aceite debe de alcanzar el punto medio del nivel.

Tras el primer arranque del compresor, debido a la miscibilidad del aceite en el refrigerante será necesario reponer una parte del aceite. Por otro lado, en las primeras horas de funcionamiento, parte del aceite quedará depositado una pequeña película en todos los elementos de la instalación, por lo que será necesario reponer aceite manteniendo el nivel necesario.

1.5.4 Carga de aceite

Para efectuar la carga de aceite en el compresor, éste está equipado con una válvula manual y la operación de carga se realizará de la siguiente forma:

Conectar un tubo de cobre de entre la válvula de carga y el recipiente de aceite.

Llenar de aceite el conducto para evitar la entrada de aire en el cárter.

Cerrar la válvula de aspiración del compresor y obligar al mismo a dar unas emboladas para crear vacío en el cárter.

Abrir la válvula de carga hasta que el aceite alcance el nivel necesario.

Cerrar la válvula y desconectar el conducto de conexión.

Abrir la válvula de aspiración del compresor parcialmente y arrancar el mismo abriendo lentamente la válvula de aspiración hasta su totalidad.

Si la maniobra se realiza con el compresor en marcha se procederá de la misma forma, pero la válvula de aspiración del compresor sólo se cerrará parcialmente, hasta que el manómetro indique una presión ligeramente inferior a la atmosférica. En este caso será necesario retocar el presostato de baja durante la operación para después volver a regularlo.

[2] [3] [4]

2. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

2.1 REVISIONES PERIÓDICAS

Para un correcto mantenimiento, deberán seguirse los plazos de las revisiones estipulados en la siguiente tabla:

ELEMENTO	PERIODICIDAD
Presión de alta	Diaria
Presión de baja	Diaria
Presión de aceite	Diaria
Temperaturas termómetros	Diaria
Nivel de aceite en compresor	Diaria
Nivel de aceite en recipiente	Diaria
Temperatura al tacto del cárter del compresor	Diaria
Comprobación de formación de hielo en evaporadores	Diaria
Humedad en el visor de líquido	Diaria
Estanqueidad en el obturador del compresor	Mensual
Comprobaciones de los aparatos de control y alarma	Mensual
Limpieza del condensador y comprobación de ánodos	Mensual o 500 horas de funcionamiento
Revisión de válvulas de aspiración y descarga del compresor	7000 horas de funcionamiento o anual
Revisión de segmentos	700 h de funcionamiento o anual

Tabla 1-1. Periodicidad de revisiones

2.2 COMPROBACIÓN DE CONTROLES Y ALARMAS

2.2.1 Presostato de alta y alarma

El procedimiento de comprobación se puede realizar poniendo en marcha cualquiera de los compresores y cortando la alimentación del agua al condensador, cuando la presión del condensador sobrepasa la regulada en el presostato, éste actuará sonando o señalizando la alarma correspondiente.

Esta maniobra se deberá realizar con sumo cuidado, ya que si sobrepasa la presión a la que está regulada la válvula de seguridad ésta actuaría descargando el refrigerante a la atmósfera. Una vez haya actuado el presostato, se tendrá que rearmar manualmente.

2.2.2 Presostato diferencial de aceite

Para comprobar si el presostato diferencial funciona correctamente y que actúa la alarma, se realizará la siguiente maniobra:

- a) Extraer del cuadro eléctrico los tres fusibles de fuerza o en su caso desconectar los limitadores correspondientes al primer compresor.
- b) Conectar el interruptor general del cuadro.
- c) Conectar el interruptor correspondiente al compresor nº1. Los contactos internos del presostato desconectarán el circuito del compresor y conectarán el circuito de alarma mínimo de 45 segundos y máximo de 120 segundos desde el momento de dar al interruptor del compresor y la conexión de alarma.
- d) Realizar la misma maniobra en el segundo compresor.

2.2.3 Termostatos de alarmas

Se comprueba el correcto funcionamiento haciendo girar la ruleta manual colocada en la parte superior del termostato. No actuar con destornillador en el tornillo colocado en la parte superior que actúa sobre el diferencial de temperatura entre conexión y desconexión.

2.3 AVERÍAS

El compresor no arranca. Posibles causas:

- Fusibles fundidos.
- Protección térmica saltada.
- Bobina del conductor quemada.
- Cortada la línea de presostatos de baja o diferencial de aceite o mala regulación de los mismos.

El compresor arranca y para seguidamente. Posibles causas:

- Presostato diferencial defectuoso o mal regulado.
- Presostato de baja mal regulado o defectuoso.

- Llave de aspiración cerrada.
- Llave de alimentación a evaporador cerrada.
- Bobina solenoide quemada o sistema deslizante de la misma agarrotado.
- Falta de aceite en el Cáster.
- Falta de presión en la bomba de lubricación.
- Por refrigerante mezclado con aceite.
- Filtro de aspiración del compresor sucio.

El compresor arranca y para sin alcanzar la temperatura en el local. Posibles causas:

- Falta refrigerante en el circuito.
- Presostato de baja mal regulado.
- Válvula termostática mal regulada (recalentamiento alto).
- Bulbo de la termostática mal colocado en tubo de aspiración.
- Suciedad o humedad en la termostática.
- Equilibrador de la termostática obstruido.
- Descargada la termostática.
- Evaporador bloqueado por hielo.
- Regulación de capacidad del compresor mal regulada.
- Actúa el presostato de alta por falta de agua de condensación o suciedad en el condensador.

El compresor no para. Posibles causas:

- Presostato de baja mal regulado.
- Llega mezcla de gas y líquido a la termostática.
- Carga de gas excesiva.
- Válvulas de aspiración o descarga del compresor no asientan.
- Válvula de regulación de capacidad mal regulada

Presión de condensación demasiado alta. Posibles causas:

- Exceso de refrigerante en el sistema.
- Válvula presostática de agua no actúa o desregulada.
- Llaves manuales cerradas en el circuito de agua.
- Suciedad en el condensador.
- Temperatura excesiva del agua de condensación.
- Aire o gases no condensables en el condensador.
- Bomba descebada.

Presión de condensación demasiado baja. Posibles causas:

- Insuficiente refrigerante.
- Válvula presostática de agua no actúa.
- Si la regulación de caudal de agua es manual, cerrar la llave.
- Válvulas de descarga del compresor no asientan o aros gastados.

Presión de aspiración demasiado alta. Posibles causas:

- Bajo recalentamiento de la válvula termostática o bulbo mal colocado.
- Válvula termostática agarrotada por suciedad o humedad.
- Vapores de refrigerante en la línea de líquido.
- Exceso de refrigerante en el sistema.
- Exceso de refrigerante en el sistema.
- Válvula solenoide no cierra por suciedad en el asiento.
- Regulador de capacidad mal ajustado.

Presión de aspiración demasiado baja. Posibles causas:

- Relador de capacidad mal ajustada.
- Suciedad en el filtro de aspiración del compresor.
- Humedad o suciedad en la planta con obstrucción de filtro de deshidratador.

Válvula termostática descargada o bloqueada.

- Termostática exceso recalentamiento.

- Excesiva agua de condensación.
- Bobinas de solenoide quemadas.
- Evaporador bloqueado por hielo.
- Ventiladores de evaporadores no funcionan.
- Obstrucción en el circuito de aspiración.

Temperatura de impulsión demasiado alta. Posibles causas:

- Exceso refrigerante.
- Gases no condensables en las instalaciones.
- Insuficiencia de agua de condensación.
- Por válvula automática o manual poco abiertas.
- Suciedad en el condensador.
- Termostática bloqueada, descargada o con la compensación obstruida a bulbo termostático mal situado.
- Alto recalentamiento en la termostática.
- Falta de asiento en las válvulas de descarga del compresor con retroceso de gases.

Temperatura de impulsión demasiado baja. Posibles causas:

- Exceso de agua en el condensador.
- Líquido refrigerante en la línea de aspiración.
- Recalentamiento baja de la termostática.
- Válvulas de aspiración del compresor no asientan.

Cárter del compresor muy caliente. Posibles causas:

- Falta de aceite.
- Bomba de lubricación no rinde.
- Cierre de la boya del separador no actúa y existe repaso por el tubo de retorno de aceite al cárter.
- Desgaste de aros de compresión del compresor.
- Repaso de las válvulas de aspiración y descarga del compresor.

- Cierre de la boya del separador no actúa y existe repaso por el tubo de retorno de aceite al cárter.
- Desgaste de aros de compresión del compresor.
- Repaso de las válvulas de aspiración y descarga del compresor.
- Calentador de cárter no desconecta en el arranque del compresor.
- Regulador de capacidad mal ajustada.

Cárter del compresor muy frío. Posibles causas:

- Líquido refrigerante en el aceite.
- El calentador de cárter no funciona.
- Líquido en la línea de aspiración.
- Bulbo de la termostática mal situado.
- Repaso en la válvula de solenoide.
- Válvulas de retención no cierran.

[2] [3] [4]