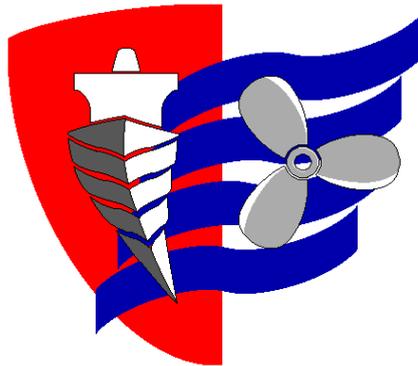


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE
AIRE ACONDICIONADO PARA UN BUQUE
LNG DE 138.000 m³**

**DESIGN AND CALCULATION OF AN AIR
CONDITIONING SYSTEM OF AN 138,000 m³
LNG SHIP**

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Autor: Pablo Diez Echave

Director: Sergio García Gómez

Septiembre - 2016

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE
AIRE ACONDICIONADO PARA UN BUQUE
LNG DE 138.000 m³**

**DESIGN AND CALCULATION OF AN AIR
CONDITIONING SYSTEM OF AN 138,000 m³
LNG SHIP**

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Septiembre – 2016

ÍNDICE

0. Resumen	5
1. Memoria	7
1.1.General	8
1.1.1. Título	8
1.1.2. Destinatario	8
1.1.3. Planteamiento del problema	8
1.1.4. Normativa	8
1.2.Datos principales del buque	8
1.3.Aire acondicionado	9
1.4.Aislamiento y protección contra el Sol	11
1.4.1. Aislamiento	11
1.4.2. Protección contra el Sol	13
2. Cálculos	15
2.1.Cálculo de las ganancias y pérdidas de calor	16
2.1.1. Cálculo del coeficiente de transmisión de calor	16
2.1.2. Cálculo en condiciones de verano	20
2.1.2.1. Transmisión de calor	20
2.1.2.2. Aporte de calor debido al Sol	21
2.1.2.3. Calor aportado por personas	23
2.1.2.4. Calor aportado por iluminación y otras fuentes	26
2.1.2.5. Ventilación e infiltraciones de aire	30
2.1.3. Cálculo en condiciones de invierno	36
2.1.3.1. Transmisión de calor	36
2.1.3.2. Aporte de calor debido al Sol	37
2.1.3.3. Calor aportado por personas	38
2.1.3.4. Calor aportado por iluminación y otras fuentes	38
2.1.3.5. Ventilación e infiltraciones de aire	38
3. Elección de equipos	42
3.1.Compresor	43
3.2.Selección de unidad UHA	46
3.3.Selección de refrigerante	47

4. Planos	49
5. Pliego de condiciones	56
5.1.Generalidades	57
5.2.Ruidos y vibraciones	59
5.3.Instalación de aire acondicionado	60
6. Plan de seguridad laboral	63
7. Presupuesto	70
8. Anexos	72
9. Bibliografía	76

0. RESUMEN

El proyecto “Diseño y cálculo del sistema de aire acondicionado para un buque LNG de 138.000 m³” tiene como objeto el diseño y dimensionamiento de una instalación de aire acondicionado para la habilitación de un tipo determinado de buque y con el que se pretende obtener la titulación de Graduado en Ingeniería Marítima por la Universidad de Cantabria.

Para lo cual se han realizado una serie de cálculos cumpliendo con la normativa UNE-EN ISO 7547 “Embarcaciones y tecnología marina. Aire acondicionado y ventilación de los alojamientos. Condiciones de diseño y bases de cálculo” para conocer las características del buque en cuestión y las necesidades a cubrir por los equipos que se requieran en la instalación.

La instalación deberá cubrir unas necesidades de habitabilidad óptimas para una condiciones externas de +50°C y un 80% de humedad relativa, siendo las interiores de +25°C y un 50% de humedad. Y en invierno las condiciones exteriores serán de -20°C y un 80% de humedad relativa, siendo las interiores de +22°C y un 50% de humedad.

Así mismo, se presentará una relación de equipos que se seleccionarán así como el refrigerante que se empleará. También se explicarán más detalladamente el tipo de aislamiento que se empleará en los espacios de habilitación.

También se presentan los planos de las cubiertas a las que dará servicio la instalación de aire acondicionado, un pliego de condiciones y el plan de seguridad laboral a seguir durante su instalación.

Por último, se presenta un presupuesto con el que se da a conocer la inversión económica de la obra al completo, contando desde el suministro de equipos hasta la mano de obra empleada.

PALABRAS CLAVE

INSTALACIÓN – AIRE – ACONDICIONADO - BUQUE LNG

ABSTRACT

The thesis 'Design and calculation of an air conditioning system of a 138,000 m³ LNG's ship' it is intended the design and sizing of an air conditioning installation for the living spaces of a specific ship. With this thesis is pretended to obtain the Degree of Maritime Engineer.

For that, there is a serie of calculations according with de UNE-EN ISO 7547 law 'Ships and marine technology – Air-conditioning and ventilation of accommodation spaces – Design conditions and basis of calculations' in order to know the characteristics of the ship and the necessities that has to be cover for de equipment which are required in the installation.

The installation should cover some necessities for the best living conditions with the following characteristics: outside temperature of +50°C and 80% of relative humidity, and +25°C of inside temperature with 50% of humidity.

Likewise, there will be a list of equipment that will be selected as well as the refrigerant that is going to be use. There will be a detailed explanation of the thermal insulation used in the living spaces too.

Coming up next, there will be a chapter that presents the blueprints design with the different decks which are with the air conditioning system, a specification chapter and a safety working plan that has to be follow.

By last, there is a budget with all the costs of the installation, assembly, and supply of equipment, pipes, valves, panels, refrigerant and insulation.

KEY WORDS

AIR – CONDITIONING – INSTALLATION - LNG SHIP

MEMORIA

1. MEMORIA

1.1. General

1.1.1. Título

Diseño y cálculo de la instalación de aire acondicionado para un buque LNG de 138.000 m³.

1.1.2. Destinatario

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

1.1.3. Planteamiento del problema

El cliente es un astillero que solicita el diseño y el montaje de una instalación de climatización para la habilitación de un buque tanque de gas licuado, cuyos cálculos estarán acorde a la normativa vigente aplicable.

La instalación de refrigeración será redundante al 100%, de fácil mantenimiento y los equipos de fabricantes con servicio postventa internacional y de suministro de repuestos.

Además se presentará un plan de seguridad laboral que cubra todos los trabajos relacionados con el proyecto.

1.1.4. Normativa

El presente proyecto se ciñe a la norma española UNE-EN ISO 7547 “Embarcaciones y tecnología marina. Aire acondicionado y ventilación de los alojamientos. Condiciones de diseño y bases de cálculo.” y a la norma española UNE 157001 “Criterios generales para la elaboración de proyectos”, estableciendo así las consideraciones generales que permitan precisar las características que deben satisfacer los proyectos.

1.2. Datos principales del buque.

Se trata de un buque LNG de 138.000 m³ de capacidad, construido de acuerdo con los reglamentos y bajo la vigilancia espacial de la Sociedad de Clasificación Det Norske Veritas (DNV), cuyos datos principales son los que siguen:

Tipo de buque	LNG Tanker
Eslora	284 m
Eslora entre perpendiculares	271 m
Manga	42,5 m
DWT	77.228 T
GT	90.835 T
Puntal	25,4 m
Calado	11,4 m

El buque consta de cinco cubiertas y puente de gobierno. Los tanques que almacenan el gas licuado son de forma hexagonal.

Este buque LNG está diseñado para realizar la ruta entre Qatargas 1 LNG terminal (Qatar) y Kawagoe LNG terminal (Japón) con un flete con REPSOL para una duración de 20 años. La bandera del buque es de Santa Cruz de Tenerife (España).

1.3. Aire acondicionado.

La finalidad de las instalaciones de aire acondicionado es mantener las condiciones ambientales interiores más satisfactorias para la estancia de las personas en los locales. Debe ser capaz de suministrar una cantidad adecuada de aire puro y fresco.

Para poder mantener un clima específico es necesario controlar la temperatura y la humedad del aire. Además, la planta de aire acondicionado debe ser capaz de someter el aire a los siguientes tratamientos:

- Limpieza (filtrado).
- Calentamiento o enfriamiento.
- Humidificación y deshumidificación.

El control de estas variables se realiza mediante los equipos o unidades de tratamiento y distribución de aire de los sistemas de climatización. La pureza del aire depende de las renovaciones de aire nuevo del sistema de aire de ventilación, por lo que no es posible lograr una buena climatización sin una buena ventilación.

A la hora de diseñar los sistemas de aire acondicionado se debe ser consciente que

resulta imposible lograr la satisfacción de todos los ocupantes de los locales, por lo que dichos sistemas deben realizarse de modo que se tenga el menor porcentaje de quejas posibles.

El primer paso en el diseño de una planta de aire acondicionado es tener una idea de las condiciones climáticas a las que el buque estará expuesto, las cuales son decisivas para que sean seleccionadas las capacidades de enfriamiento y calentamiento.

El paso siguiente será decidir las condiciones que deben mantenerse en los espacios acondicionados.

Para nuestro tema que es el diseño de la planta de refrigeración de la unidad de aire acondicionado, solo trataremos aquellos problemas relacionados con el cálculo del acondicionamiento de verano, es decir, del enfriamiento y deshumidificación del aire. Estos dos tratamientos se consideran conjuntamente debido a:

- 1) Las demandas para el enfriamiento del aire y la reducción de la humedad relativa casi siempre ocurren simultáneamente.
- 2) El enfriamiento del aire en una planta de aire acondicionado casi siempre supone una formación de humedad condensada en el enfriador de aire.

Las condiciones ambientales que se tratarán en el presente proyecto son:

- a) Aire exterior: +50°C y 80% de humedad.
- b) Aire interior: +25°C y 50% de humedad.

Y las condiciones de invierno serán las que dicta la norma:

- a) Aire exterior: -20°C.
- b) Aire interior: +22°C.

Nuestra instalación de aire acondicionado estará conectada al sistema eléctrico del buque al cuadro B, y todos los equipos que lo componen (compresores, bombas, unidades de aire acondicionado, evaporadores...) estarán duplicados.

1.4. Aislamiento y protección contra el Sol.

Es fundamental a la hora de realizar el diseño de una instalación de aire acondicionado a bordo aislar cuidadosamente el barco y los espacios acondicionados de la radiación

solar, con el fin de asegurar un funcionamiento económico de la planta.

Lo que se prevé es reducir las pérdidas por transmisión de calor y así, reducir el coste y mejorar la funcionalidad de la planta.

1.4.1. Aislamiento:

El objetivo es proteger los espacios a acondicionar de los efectos de las temperaturas extremas en condiciones tropicales. Por lo tanto, será necesario aislar:

- Cubiertas, techos y mamparos externos.
- Cubiertas y mamparos adyacentes a espacios donde pueden darse, bajo condiciones tropicales o de verano, temperaturas más altas que las deseadas en espacios acondicionados como pueden ser la sala de máquinas, sala de calderas, cocina, tanques con calefacción, etc...

El espesor del aislamiento y el material a utilizar deben calcularse para cada caso particular, teniendo en cuenta la estructura de la superficie a aislar y la diferencia de temperaturas.

En el caso del presente proyecto, se han considerado dos tipos de aislamientos a emplear: uno diseñado para utilizar en los mamparos exteriores en las diferentes cubiertas, y otro pensado para usar en los techos de las cubiertas que están bajo la acción solar.

Los aislamientos que se van a emplear en los mamparos exteriores de las diferentes cubiertas corresponden al siguiente esquema:

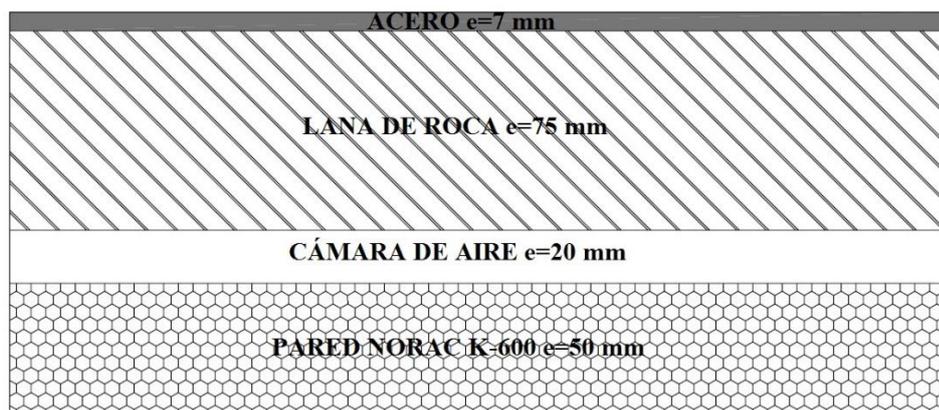


Fig. 1 – Esquema aislamiento mamparos.

Las características de la pared NORAC k-600 es la siguiente:

- Resistencia al fuego: clase B-15.
- Anchura estándar: 600 mm.
- Longitud del panel: 3000 mm (mínimo).
- Espesor: 50 mm.
- Peso: 19,2 kg/m².
- Aislamiento acústico: 32 dB.
- Aislamiento térmico: 0,65 W/m²K.

En el techo de la cubierta E y en el techo del puente, ambos expuestos a la acción solar, se ha optado por utilizar un aislamiento que consta de lana de roca, cámara de aire y módulos prefabricados de NORAC M250, representándose en el siguiente esquema:

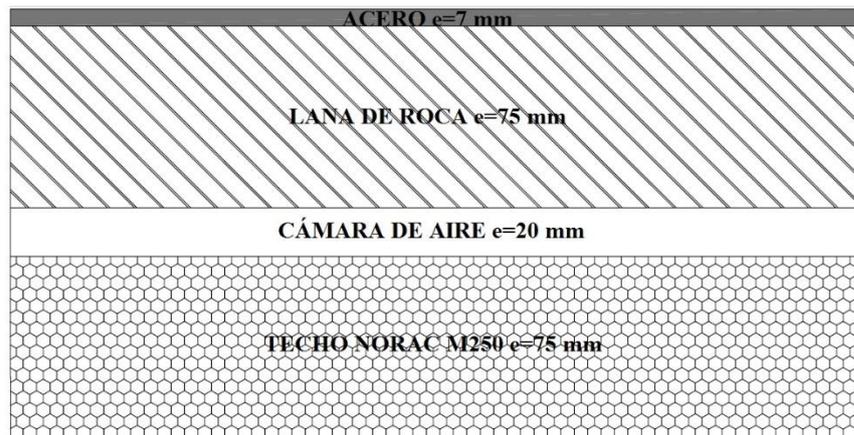


Fig. 2 – Esquema aislamiento techos.

Las características del techo prefabricado NORAC M250 son las siguientes:

- Resistencia al fuego: clase B-15.
- Anchura del panel: 250 mm.
- Espesor: 75 mm.
- Peso: 10,5 kg/m².
- Aislamiento acústico: 50 dB.
- Aislamiento térmico: 0,42 W/m²K.

Entre los techos de las cubiertas que no están expuestas a la acción solar (todas menos los techos de la cubierta E y el techo del puente), se seleccionará aquel que mejores prestaciones para el aislamiento acústico otorgue, dado que en este caso el aislamiento térmico entre cubiertas que no estén sometidas a la acción del sol no es importante.

1.4.2. Protección contra el sol.

La protección de los espacios acondicionados del buque contra la radiación solar directa es muy importante para un satisfactorio y económico funcionamiento de la planta de aire acondicionado.

Si la radiación solar entra directamente a través de los portillos provocará variaciones en la carga de refrigeración de temperatura y fluctuaciones en la temperatura del espacio acondicionado.

Por ello, a la hora de realizar los cálculos que veremos en el siguiente capítulo, se ha seleccionado el tipo de portillo más restrictivo según la norma empleada.

Un buen aislamiento y una efectiva protección contra la radiación solar reducen la pérdida o ganancia de calor en un local reduciendo así mismo el coste de mantenimiento de la planta.

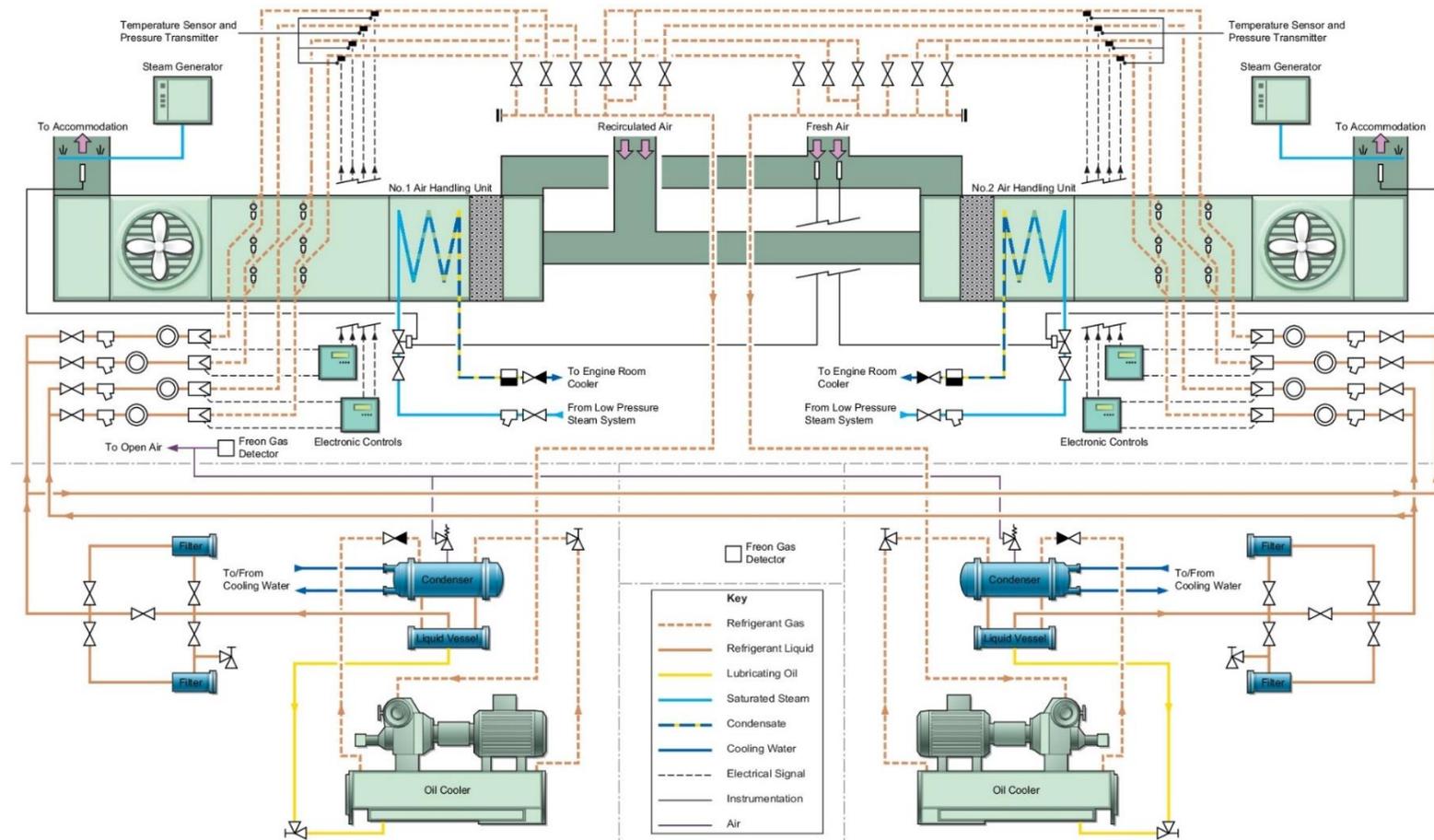


Fig. 3 – Disposición General de la Instalación

CÁLCULOS

2. CÁLCULOS

Como ya se citó anteriormente, para realizar este proyecto se ha seguido la norma UNE-EN ISO 7547 “Embarcaciones y tecnología marina. Aire acondicionado y ventilación de los alojamientos. Condiciones de diseño y bases de cálculo”, que dice lo siguiente acerca de los métodos de cálculo:

“Esta norma internacional especifica las condiciones de diseño y los métodos de cálculo para el aire acondicionado y la ventilación de los espacios destinados a los alojamientos y de las cabinas de radio de los buques mercantes de alta mar que operen en cualquier condición.”

También, en el apartado de los cálculos de calor latente y sensible, se ha empleado un documento con las fórmulas empleadas del *ASHRAE 2001 HVAC Fundamentals Handbook*.

2.1. Cálculo de las ganancias y pérdidas de calor:

Para el cálculo de las condiciones de verano, se deben aplicar los siguientes apartados:

2.1.1. Cálculo del coeficiente de transmisión de calor:

$$\frac{1}{k} = \Sigma \frac{1}{\alpha} + \frac{\Sigma \frac{d}{\lambda} + M_L + M_b}{\mu}$$

donde

k	es el coeficiente de transmisión total de calor, en vatios por grado kelvin por metro cuadrado [W/(m ² ·K)].
α	es el coeficiente de transmisión de calor del aire exterior, en vatios por grado kelvin por metro cuadrado [W/(m ² ·K)], como sigue: α = 80 W/(m ² ·K) para las superficies exteriores expuestas al viento (20 m/s), α = 8 W/(m ² ·K) para las superficies interiores no expuestas al viento (0.5 m/s).
d	es el espesor del material, en metro.
λ	es la conductividad térmica, en vatios por grado kelvin por metro [W/(m·K)].

R	relación d/λ .
M_L	es el aislamiento térmico de un espacio de aire, en grados kelvin por metro cuadrado por vatio [$m^2 \cdot K/W$].
M_b	es el aislamiento térmico entre las diferentes capas del material, en grados kelvin por metro cuadrado por vatio [$(m^2 \cdot K/W)$].
μ	es un factor de corrección para las estructuras de acero como sigue: $\mu=1,2$ para un aislamiento de acuerdo con la figura 3, $\mu=1,45$ para un aislamiento de acuerdo por la figura 4.



Fig. 4 – Aislamiento plano de espesor uniforme

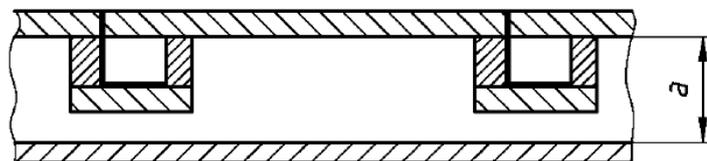


Fig. 5 – Aislamiento corrugado de espesor uniforme

Como nuestro buque consta de dos tipos de aislamientos distintos, uno para los mamparos y otro para los techos, se han calculado dos coeficientes totales de transmisión de calor. A continuación se explica el cálculo del coeficiente para los mamparos.

La siguiente imagen muestra una sección del mamparo donde vemos sus componentes y los espesores empleados.

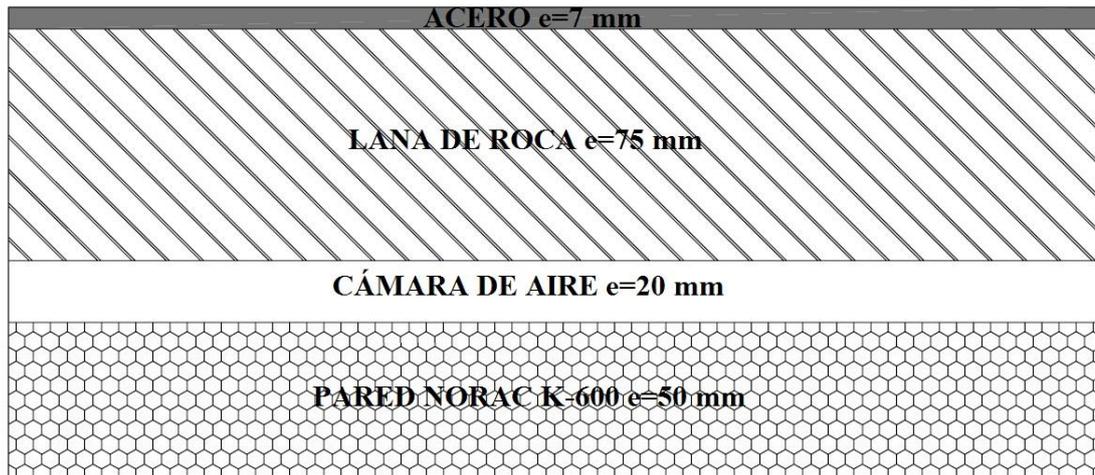


Fig. 6 – Aislamiento de mamparos

Para los espesores anteriores mostrados, tenemos los siguientes valores de conductividad térmica:

Material	Conductividad térmica, λ [W/(m·K)]
Acero	50
Lana de roca	0,034

Los valores tomados para los parámetros M_L y M_B , son los siguientes:

$M_L = 0,43$ (m²·K)/W (dato de la tabla 3: aislamiento térmico de los espacios de aire no ventilados).

$M_B = 0,65$ (m²·K)/W (dato de la especificación técnica de la pared NORAC k-600).

El valor de μ seleccionado es el más restrictivo, es decir, 1,45.

Por lo que, la expresión de k queda de la siguiente manera:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{8} + \frac{1}{80} + \frac{\frac{0,007}{50} + \frac{0,075}{0,034} + 0,43 + 0,65}{1,45}$$

$$k_{\text{mamparos}} = 0,41602143 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

A continuación, se muestra el cálculo para el coeficiente en los techos, que se empleará para calcular las cargas en el techo de la cubierta E y el techo del puente, expuestos directamente al sol:

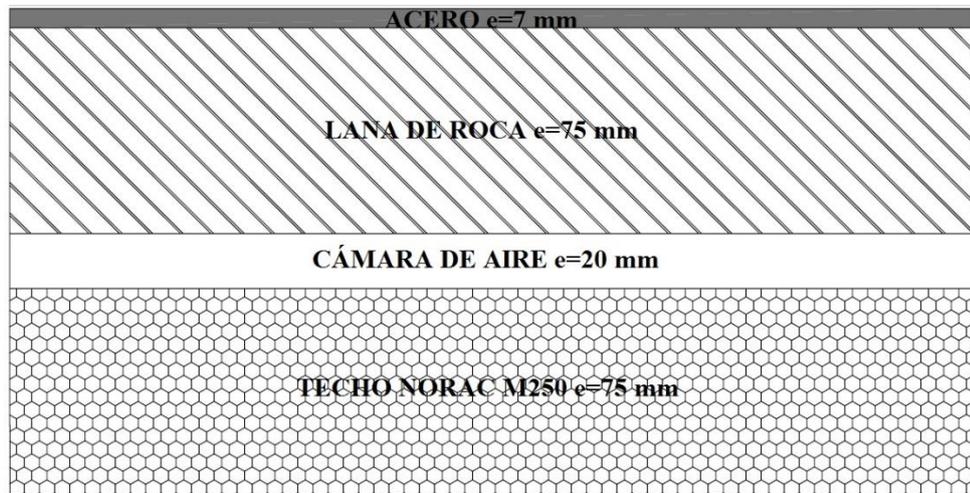


Fig. 7 – Aislamiento de mamparos

En relación con los espesores anteriores, tenemos unos valores de conductividad térmica, que son:

Material	Conductividad térmica, λ [W/(m·K)]
Acero	50
Lana de roca	0,034

Los valores tomados para los parámetros M_L y M_B , son los siguientes:

$M_L = 0,43$ (m²·K)/W (dato de la tabla 3: aislamiento térmico de los espacios de aire no ventilados).

$M_B = 0,42$ (m²·K)/W (dato de la especificación técnica del techo NORAC M250).

El valor de μ seleccionado es el más restrictivo, es decir, 1,45.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{8} + \frac{1}{80} + \frac{\frac{0,007}{50} + \frac{0,075}{0,034} + 0,43 + 0,42}{1,45}$$

$$k_{\text{techos}} = 0,44541414 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

2.1.2. Cálculo en condiciones de verano:

2.1.2.1. Transmisión de calor:

En el cálculo de la transmisión de calor, siguiendo el procedimiento especificado por la norma, se ha calculado por cubiertas de forma independiente, además de calcularlo para el techo de las cubiertas E y el puente, que están bajo la acción del sol.

$$\Phi = \Delta T [(k_v A_v) + (k_g A_g)]$$

donde

ΔT	es la diferencia de temperatura del aire, en grados kelvin.
k_v	es el coeficiente total de transmisión de calor, en vatios por grado kelvin por metro cuadrado, para la superficie A_v .
A_v	es la superficie, en metros cuadrados, excluyendo los portillos laterales y las ventanas rectangulares (espesor del vidrio +200mm)
k_g	es el coeficiente total de transmisión de calor, en vatios por grado kelvin por metro cuadrado, para la superficie A_g .
A_g	es el área, en metros cuadrados, de los portillos laterales y las ventanas rectangulares (espesor del vidrio +200mm)

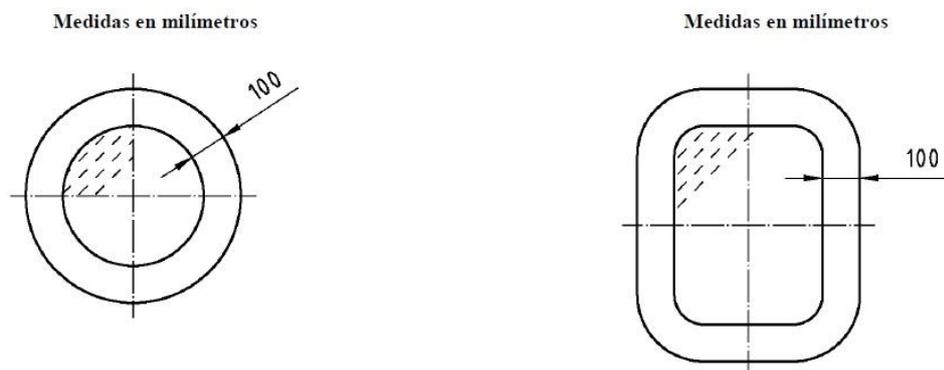


Fig. 8 - Tipos de portillos

A continuación se mostrará como ejemplo como se calculó la cubierta A.

Características de la cubierta A:

- Eslora: 19,2 m.
- Manga: 23,76 m.
- Altura: 3,45 m.
- Superficie: 311,78 m².

- N° de portillos: 17.
- Superficie total de los portillos: 12,76 m².
- K_v: 0,416 W/(m²·K).
- A_v: 299,017 m².
- K_g: 3,5 W/(m²·K) (dato obtenido de la tabla 2: Coeficiente de transmisión total de calor).
- A_g: 12,766 m².

$$\Phi \text{ cubierta A} = (323-298) [(0,416 \cdot 299,017) + (3,5 \cdot 12,766)]$$

$$\Phi = 4226,98 \text{ W}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de las demás cubiertas.

Cubiertas	Transmisión de calor (W)
Cubierta A	4226,98468
Cubierta B	3378,17202
Cubierta C	3703,90273
Cubierta D	4170,99198
Cubierta E	3884,46054
Techo Cubierta E	2872,2576
Puente	4837,08099
Techo Puente	2025,06423
TOTAL	29098,9148

$$\text{TOTAL} = 29,098 \text{ kW}$$

2.1.2.2. Aporte de calor debido al sol:

La ganancia de calor debida al sol, Φ_s , se calcula, en vatios, como sigue:

$$\Phi_s = \sum A_v K \Delta T_r + \sum A_g G_s$$

donde,

A _v	es la superficie expuesta a la radiación solar en metros cuadrados (no se incluyen portillos laterales ni las ventanas rectangulares).
k	es el coeficiente de transmisión total de calor para una estructura determinada del buque (cubierta, mamparo exterior, etc.) dentro

	de la superficie A_v .
ΔT_r	es el aumento de temperatura (por encima de una temperatura exterior de $+35^\circ\text{C}$) causado sobre las superficies por la radiación solar, como sigue: $\Delta T_r = 12 \text{ K}$ para las superficies verticales de color claro, $\Delta T_r = 29 \text{ K}$ para las superficies verticales de color oscuro, $\Delta T_r = 16 \text{ K}$ para las superficies horizontales de color claro, $\Delta T_r = 32 \text{ K}$ para las superficies horizontales de color oscuro.
A_g	es el área de las superficies de cristal (apertura libre) expuestas a la radiación solar en metros cuadrados.
G_s	es el aumento de calor por metro cuadrado debido a las superficies de cristal como sigue: $G_s = 350 \text{ W/m}^2$ para las superficies de cristal claro, $G_s = 240 \text{ W/m}^2$ para las superficies de cristal claro con el interior sombreado.

A continuación se mostrará como ejemplo como se calculó la cubierta A:

- $A_v = 299,017 \text{ m}^2$.
- $K = 0,416 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- $\Delta T_r = 12 \text{ K}$.
- $A_g = 12,766 \text{ m}^2$.
- $G_s = 350 \text{ W/m}^2$.

$$\Phi_s \text{ Cubierta A} = 299,017 \cdot 0,416 \cdot 12 + 12,766 \cdot 350$$

$$\Phi_s = 5960,95 \text{ W}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de las demás cubiertas.

Cubiertas	Aporte de calor debido al sol (W)
Cubierta A	5960,95457
Cubierta B	5149,79809
Cubierta C	5662,24611
Cubierta D	8697,54031
Cubierta E	6470,21339
Techo Cubierta E	1838,24486

Puente	15070,2823
Techo Puente	1296,04111
TOTAL	50145,3208

TOTAL = 50,145 kW

2.1.2.3. Calor aportado por personas:

En la siguiente tabla se dan los valores de los calores sensibles y latentes emitidos por una persona a una temperatura en el interior de 27°C.

Actividad	Tipo de calor	Emisión (W)	
Sentado en reposo	Calor sensible	70	120
	Calor latente	50	
Trabajo mediano/duro	Calor sensible	85	235
	Calor latente	150	

Según con la norma, el número de personas que pueden ocupar los espacios de alojamientos de ser el siguiente:

- a) Cabinas: el número máximo de personas para el que se ha diseñado la cabina.
- b) Espacios comunes:
 - El número de personas que pueden estar sentadas, o en el caso en el que el cliente no lo especifique:
 - 1) Una persona por cada 2 m² de superficie para los salones.
 - 2) Una persona por cada 1,5 m² de superficie para los comedores de tripulación y pasaje.
 - 3) Una persona por cada 5 m² de superficie para salas de recreo.
- c) Despachos del capitán y del jefe de máquinas: cuatro personas.
- d) Otros despachos privados: tres personas.
- e) Hospital: el número de camas más dos.
- f) Gimnasio, salas de juegos: cuatro personas.
- g) Sala de primeros auxilios: dos personas.
- h) Oficinas: dos personas.

A continuación, se presentan unas tablas que recogen el calor aportado por las personas, tanto latente como sensible:

CUBIERTA A	Sensible (W)	Latente (W)
Comedor y sala de café tripulación	630	450
Sala operaciones tripulación	840	600
Cocina	170	300
Gimnasio	340	600
Comedor y sala de café de oficiales	560	400
Hospital y enfermería	280	200
TOTAL	2820	2550

CUBIERTA B	Sensible (W)	Latente (W)
Camarote engrasador	70	50
Camarote maestranza	70	50
Camarote marinero 1	70	50
Camarote marinero 2	70	50
Camarote marinero 3	70	50
Camarote marinero 4	70	50
Camarote marinero 5	70	50
Camarote camarero	70	50
Camarote camarero	70	50
Ayudante cocina	70	50
Salan de estar y TV	630	450
TOTAL	1540	1100

CUBIERTA C	Sensible (W)	Latente (W)
Camarote cadete 1	70	50
Camarote cadete 2	70	50
Camarote cadete 3	70	50

Camarote Primer Maquinista	70	50
Camarote Segundo Maquinista	70	50
Camarote Tercer Maquinista	70	50
Camarote del electricista	70	50
Camarote maestranza	70	50
Camarote contra maestre	70	50
Camarote cocinero	70	50
Salón de oficiales	280	200
TOTAL	980	700

CUBIERTA D	Sensible (W)	Latente (W)
Oficina Jefe de máquinas	280	200
Oficina Capitán	280	200
Oficina de carga	210	150
Control de carga	210	150
Sala de recreo de carga	420	300
Camarote de reserva	70	50
Primer oficial de puente	70	50
Sala de conferencias	1050	750
Camarote armador	70	50
TOTAL	2660	1900

CUBIERTA E	Sensible (W)	Latente (W)
Camarote Piloto	70	50
Camarote oficial de radio	70	50
Camarote Capitán	280	200
Camarote Primer Oficial	70	50
Camarote Segundo Oficial	0	50
Camarote Jefe de Máquinas	280	200
Camarote de Reserva	70	50
Camarote de Reserva	70	50
Camarote Armador	210	150

Camarote oficial de carga	210	150
TOTAL	1400	1000

PUENTE	Sensible (W)	Latente (W)
Puente	425	750
TOTAL	425	750

	Sensible (W)	Latente (W)
Cubierta A	2820	2550
Cubierta B	1540	1100
Cubierta C	980	700
Cubierta D	2660	1900
Cubierta E	1400	1000
Puente	425	750
TOTAL	9825	8000
kW	9,825	8

2.1.2.4. Calor aportado por iluminación y otras fuentes:

En los espacios con luz solar, se puede despreciar el calor adicional aportado por la iluminación.

En los espacios sin luz solar, el calor adicional aportado por la iluminación se debe calcular a partir de la potencia en vatios nominal de la instalación, tal y como la ha recomendado el cliente, o como la ha especificado la autoridad competente. Cuando no se he especificado la energía de salida nominal ni por el cliente ni por la autoridad competente, se debe determinar el calor determinado por la iluminación general a partir de los establecido en la siguiente tabla, teniendo en cuenta los requisitos espaciales referentes a la iluminación.

Espacio	Calor aportado por la iluminación general W/m ²	
	Incandescente	Fluorescente
Cabinas, etc.	15	8
Comedores de tripulación o pasaje	20	10
Gimnasios, etc.	40	20

El calor aportado por un frigorífico se debe tomar como 0,3 W/l de su capacidad de almacenamiento, a menos que el cliente especifique otra cosa.

Las siguientes tablas, muestran los datos que reflejan el calor aportado por la iluminación de los distintos espacios de las cubiertas del buque:

CUBIERTA A	
Comedor y sala de café tripulación	60
Sala operaciones tripulación	32
Pañol	16
Gambuza	16
Gambuza	16
Cocina	32
Gimnasio	80
Comedor y sala de café de oficiales	60
Hospital y enfermería	32
TOTAL	344 W

CUBIERTA B	
Camarote engrasador	16
Camarote maestranza	16
Camarote mariner 1	16
Camarote mariner 2	16
Camarote mariner 3	16
Camarote mariner 4	16
Camarote mariner 5	16
Camarote camarero	16
Camarote camarero	16
Camarote ayudante cocina	16
Lavandería tripulación	16

Salan de estar y TV	60
Pañol	16
Pañol limpieza	8
TOTAL	308 W

CUBIERTA C	
Camarote cadete 1	16
Camarote cadete 2	16
Camarote cadete 3	16
Camarote Primer Maquinista	48
Camarote Segundo Maquinista	32
Camarote Tercer Maquinista	32
Camarote del electricista	48
Camarote maestranza	16
Camarote contraestrate	16
Camarote cocinero	16
Salón de oficiales	60
Lavandería oficiales	16
Pañol	16
Pañol limpieza	8
TOTAL	356 W

CUBIERTA D	
Oficina Jefe de máquinas	32
Oficina Capitán	32
Gambuza	8
Oficina de carga	32
Control de carga	60
Sala de recreo de carga	40
Pañol	8
Camarote de reserva	16
Primer oficial de puente	16

Sala de conferencias	48
Camarote armador	32
Archivo y pañol	8
Pañol limpieza	8
TOTAL	340 W

CUBIERTA E	
Camarote Piloto	16
Camarote oficial de radio	16
Camarote Capitán	76
Camarote Primer Oficial	32
Camarote Segundo Oficial	32
Camarote Jefe de Máquinas	76
Camarote de Reserva	16
Camarote de Reserva	16
Camarote Armador	56
Camarote oficial de carga	56
Pañol de limpieza	8
TOTAL	400 W

Cubierta A	344
Cubierta B	308
Cubierta C	356
Cubierta D	340
Cubierta E	400
Puente	2000
TOTAL (W)	3748
TOTAL (kW)	3,748

2.1.2.5. Ventilación e infiltraciones de aire.

El calor aportado por el caudal de aire, se divide en dos partes: calor sensible y calor latente.

Para obtener el valor más restrictivo, tomaremos como estimación que la ocupación de los espacios será siempre la máxima (100%) y tomaremos un caudal mínimo a introducir en cada local. Primeramente, debemos calcular el volumen de los espacios de habitación con el fin de conocer los caudales que necesitaremos en cada cubierta.

La siguiente tabla indica los volúmenes de las diferentes cubiertas.

Cubierta	Altura (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
Cubierta A	3,8	444,35	1688,55
Cubierta B	2,75	418,17	1149,98
Cubierta C	3,175	418,17	1327,7
Cubierta D	2,9	418,17	1212,71
Cubierta E	3,175	418,17	1327,7
Puente			28,6

Siendo el volumen total la suma del volumen de las diferentes cubiertas:

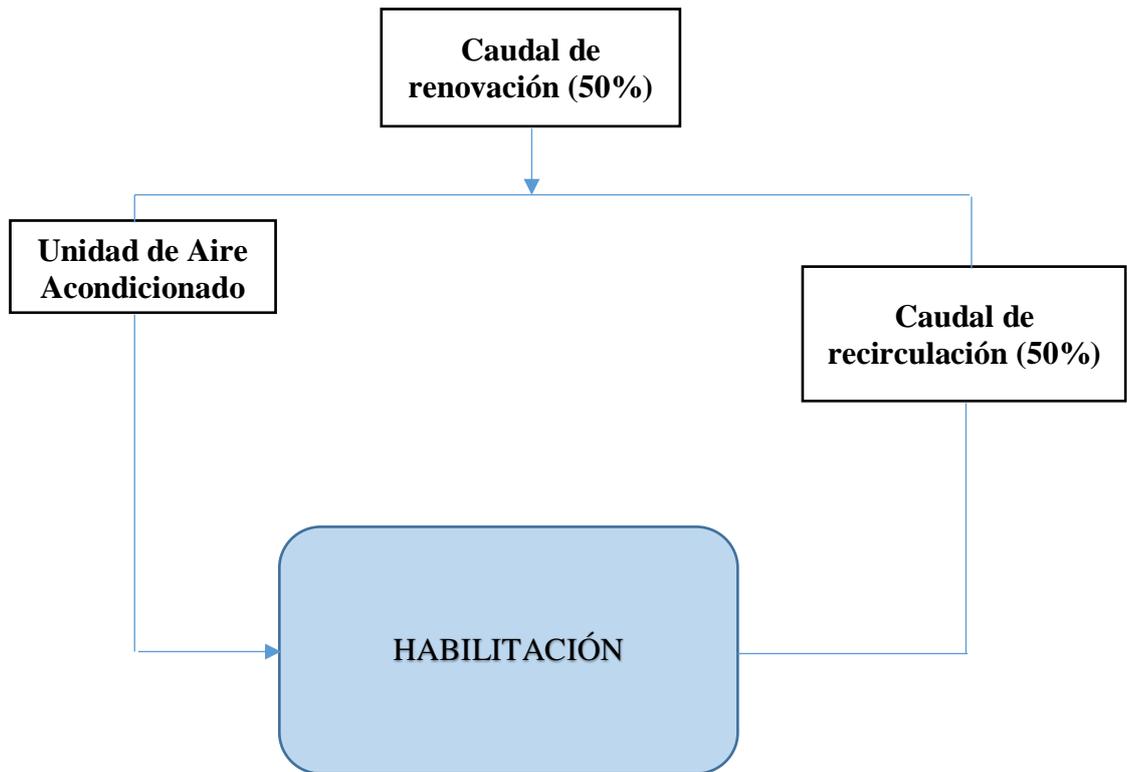
$$V_{\text{TOTAL}} = 1688,55 + 1149,98 + 1327,7 + 1212,71 + 1327,7 + 28,6 = 6735,26 \text{ m}^3$$

Según nos indica la normativa de la DNV, tomaremos como valor para el caudal 10 renovaciones por hora, con lo que nos queda un caudal a suministrar de:

$$\text{Caudal} = 6735,26 \cdot 10 = 67352,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal que deberá ser capaz de suministrar la instalación de aire acondicionado se divide en un 50% aire nuevo y un 50% aire recirculado:

50% Aire nuevo	33676,3314 m ³ /h
50% Aire recirculado	33676,3314 m ³ /h



Las ecuaciones que se presentan a continuación indican como calcular el calor sensible y el latente:

$$q_{\text{sensible}} = Q \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\Delta T)$$

donde,

q_s	calor sensible, W
Q	caudal de aire, m ³ /s
ρ	densidad del aire, kg/m ³
c_p	calor específico del aire, J/(kg·K)
ΔT	diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, K

Como tenemos dos caudales de aire, 50% aire nuevo y 50% aire de renovación, tendremos dos valores para el q_{sensible} , uno para el aire nuevo y otro para el aire de renovación.

Q_{sensible} para el aire recirculado:

Q	18,709073	m ³ /s
T^a de retorno del aire	28	°C
ρ	1,092	kg/m ³
c_p	1007	J/kg·K

ΔT	28-25 = 3	°C
Nº de renovaciones	10	renovaciones/h
	0,00277778	renovaciones/s

$$q_{\text{sensible}} = Q \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\Delta T)$$

$$q_{\text{sensible}} = 18,709 \cdot 1,092 \cdot 1007 \cdot (3+273)$$

$$q_{\text{sensible}} = 61719,9597 \text{ W}$$

$$q_{\text{sensible}} = 61,719 \text{ kW}$$

Qsensible para el aire de renovación:

Q	0,935453651	m3/s
Tª de retorno del aire	50	°C
ρ	1,092	kg/m3
c_p	1007	J/kg·K
ΔT	50-25 = 25	°C
Nº de renovaciones	1	renovaciones/h
	0,000277778	renovaciones/s

$$q_{\text{sensible}} = Q \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\Delta T)$$

$$q_{\text{sensible}} = 0,935 \cdot 1,092 \cdot 1007 \cdot (25+273)$$

$$q_{\text{sensible}} = 25716,64987 \text{ W}$$

$$q_{\text{sensible}} = 25,716 \text{ kW}$$

Por lo que el calor sensible total es la suma de ambos calores:

$$q_{\text{sensible TOTAL}} = 61,719 + 25,716 = 87,435 \text{ kW}$$

La fórmula para el calor latente es:

$$Q_{\text{latente}} = Q \cdot \Delta W [4775+1,998\Delta T]$$

donde,

q_l	calor latente, W
ΔW	diferencia de humedad entre el interior y el exterior, masa de agua por unidad de aire seco kg/kg
ΔT	diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, K

Siendo los valores,

Q	0,935453651 m ³ /s
ΔW	0,056
Exterior*	0.066 kg vapor / kg aire seco
Interior*	0,01 kg vapor / kg aire seco
ΔT	25° C

*Los valores exterior e interior de la diferencia ΔW están tomados a partir del diagrama psicométrico que se presenta en la siguiente página.

$$Q_{\text{latente}} = Q \cdot \Delta W [4775+1,998\Delta T]$$
$$Q_{\text{latente}} = 0,9354 \cdot 0,056 [4775+1,998(25+273)]$$
$$Q_{\text{latente}} = 252,7569 \text{ W}$$
$$Q_{\text{latente}} = 0,252 \text{ kW}$$

FIGURA 3
GRAFICO PSICROMETRICO
 ALTAS TEMPERATURAS
 PRESION ATMOSFERICA
 101,325 KPa

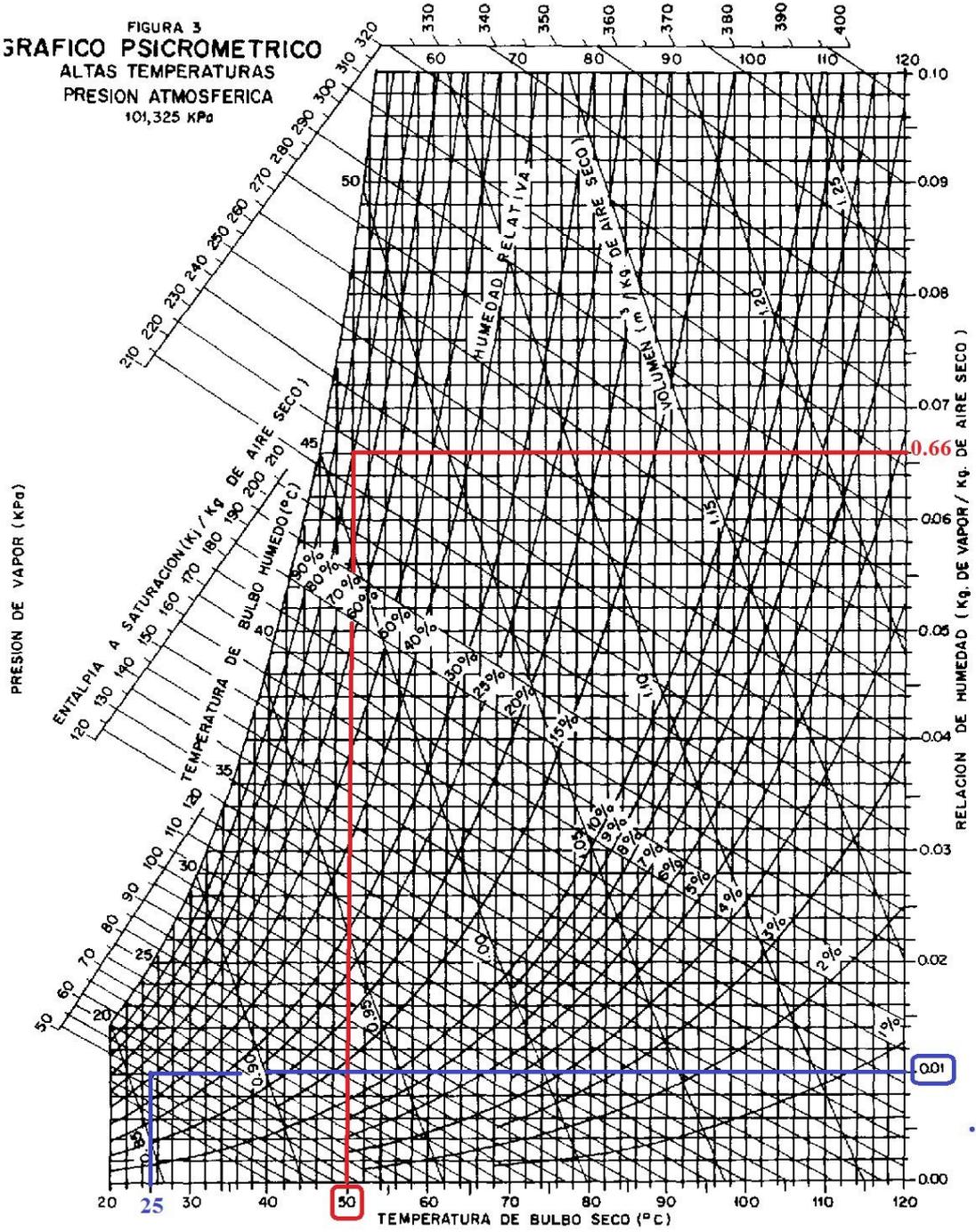


Fig. 9 – Diagrama Psicométrico

	Latente	Sensible
Trans. Calor	-	29,0989147800381
Aporte de calor del sol	-	50,1453207609088
Iluminación		3,748
Calor por personas	8	9,825
Ventilación	0,252756957320043	87,4366095721773
TOTAL	8,253	180,2538451

TOTAL (kW)	188,507
-------------------	----------------

Se toma un coeficiente de un 8% de seguridad:

TOTAL 8% (kW)	203,5871302
----------------------	--------------------

2.1.3. Cálculo en condiciones de invierno:

Para el cálculo de las condiciones de invierno de nuestra instalación, tomaremos como temperaturas lo que estipula la norma:

- a) Temperatura exterior = -20°C.
- b) Temperatura interior = +22°C.

En cuanto a los valores de los coeficientes de transmisión, calculados en el apartado 2.1.1., serán los mismos para las condiciones de invierno:

$$k_{\text{mamparos}} = 0,41602143 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$k_{\text{techos}} = 0,44541414 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

2.1.3.1. Transmisión de calor:

$$\Phi = \Delta T [(k_v A_v) + (k_g A_g)]$$

A continuación se mostrará como ejemplo como se calculó la cubierta A.

Características de la cubierta A:

- Eslora: 19,2 m.
- Manga: 23,76 m.
- Altura: 3,45 m.
- Superficie: 311,78 m².
- Nº de portillos: 17.
- Superficie total de los portillos: 12,76 m².
- K_v: 0,416 W/(m²·K).
- A_v: 299,017 m².
- K_g: 3,5 W/(m²·K) (dato obtenido de la tabla 2: Coeficiente de transmisión total de calor).
- A_g: 12,766 m².

$$\Phi_{\text{cubierta A}} = (295-251) [(0,416 \cdot 299,017) + (3,5 \cdot 12,766)]$$

$$\Phi = 7101,33 \text{ W}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de las demás cubiertas.

Cubiertas	Transmisión de calor (W)
Cubierta A	7101,3343
Cubierta B	5675,329
Cubierta C	6222,5566
Cubierta D	7007,2665
Cubierta E	6525,8937
Techo Cubierta E	4825,3928
Puente	8126,2961
Techo Puente	3402,1079
TOTAL	48886,177

TOTAL = 48,886177 kW

2.1.3.2. Aporte de calor debido al sol:

$$\Phi_s = \Sigma A_v K \Delta T_r + \Sigma A_g G_s$$

Siendo el valor de $\Delta T_r = 0$, nos queda:

- $A_v = 299,017 \text{ m}^2$.
- $K = 0,416 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- $\Delta T_r = 0 \text{ K}$.
- $A_g = 12,766 \text{ m}^2$.
- $G_s = 350 \text{ W}/\text{m}^2$.

$$\Phi_s \text{ Cubierta A} = 299,017 \cdot 0,416 \cdot 0 + 12,766 \cdot 350$$

$\Phi_s = 4468,18 \text{ W}$

Cubiertas	Aporte de calor debido al sol (W)
Cubierta A	4468,184
Cubierta B	4009,404
Cubierta C	4414,06
Cubierta D	7608,482
Cubierta E	5233,71856
Puente	14486,913
TOTAL	40220,7616

TOTAL = 40,2207616 kW

2.1.3.3. Cálculo aportado por personas.

Es el mismo para invierno que para verano,

	Sensible (W)	Latente (W)
Cubierta A	2820	2550
Cubierta B	1540	1100
Cubierta C	980	700
Cubierta D	2660	1900
Cubierta E	1400	1000
Puente	425	750
TOTAL	9825	8000
kW	9,825	8

2.1.3.4. Calor aportado por iluminación y otras fuentes.

Los valores son iguales que para las condiciones de verano:

Cubierta A	344
Cubierta B	308
Cubierta C	356
Cubierta D	340
Cubierta E	400
Puente	2000
TOTAL (W)	3748
TOTAL (kW)	3,748

2.1.3.5. Ventilación e infiltraciones de aire.

Las ecuaciones que se presentan a continuación indican como calcular el calor sensible y el latente:

$$q_{\text{sensible}} = Q \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\Delta T)$$

donde,

q_s	calor sensible, W
Q	caudal de aire, m ³ /s

ρ	densidad del aire, kg/m ³
c_p	calor específico del aire, J/(kg·K)
ΔT	diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, K

Como tenemos dos caudales de aire, 50% aire nuevo y 50% aire de renovación, tendremos dos valores para el q_{sensible} , uno para el aire nuevo y otro para el aire de renovación.

Q_{sensible} para el aire recirculado:

Q	18,709073	m ³ /s
T ^a de retorno del aire	20	°C
ρ	1,092	kg/m ³
c_p	1007	J/kg·K
ΔT	-2	°C
Nº de renovaciones	10	renovaciones/h
	0,00277778	renovaciones/s

$$q_{\text{sensible}} = Q \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\Delta T)$$

$$q_{\text{sensible}} = 18,709 \cdot 1,092 \cdot 1007 \cdot (-2+273)$$

$$q_{\text{sensible}} = 41146,64 \text{ W}$$

$$q_{\text{sensible}} = 41,146 \text{ kW}$$

Q_{sensible} para el aire de renovación:

Q	0,935453651	m ³ /s
T ^a de retorno del aire	20	°C
ρ	1,092	kg/m ³
c_p	1007	J/kg·K
ΔT	-20+22 = 2	°C
Nº de renovaciones	1	renovaciones/h
	0,00027778	renovaciones/s

$$q_{\text{sensible}} = Q \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\Delta T)$$

$$q_{\text{sensible}} = 0,935 \cdot 1,092 \cdot 1007 \cdot (-2+273)$$

$$q_{\text{sensible}} = 2057,33 \text{ W}$$

$$q_{\text{sensible}} = 2,057 \text{ kW}$$

Por lo que el calor sensible total es la suma de ambos calores:

$$q_{\text{sensible TOTAL}} = 41,146 + 2,057 = 43,20 \text{ kW}$$

La fórmula para el calor latente es:

$$Q_{\text{latente}} = Q \cdot \Delta W [4775+1,998\Delta T]$$

donde,

q_l	calor latente, W
ΔW	diferencia de humedad entre el interior y el exterior, masa de agua por unidad de aire seco kg/kg
ΔT	diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, K

Siendo los valores,

Q	0,935453651 m ³ /s
ΔW	0,056
Exterior*	0.066 kg vapor / kg aire seco
Interior*	0,01 kg vapor / kg aire seco
ΔT	25° C

*Los valores exterior e interior de la diferencia ΔW están tomados a partir del diagrama psicrométrico que se presenta en la siguiente página.

$$Q_{\text{latente}} = Q \cdot \Delta W [4775+1,998\Delta T]$$

$$Q_{\text{latente}} = 0,9354 \cdot 0,056 [4775+1,998(25+273)]$$

$$Q_{\text{latente}} = 252,7569 \text{ W}$$

$$Q_{\text{latente}} = 0,252 \text{ kW}$$

	Latente	Sensible
Trans. Calor	-	48,886177
Aporte de calor del sol	-	40,2207616
Iluminación		3,748
Calor por personas	8	9,825
Ventilación	0,250663637	43,2039717886053
TOTAL	8,253	145,8839102

TOTAL (kW)	154,135
-------------------	----------------

Se toma un coeficiente de un 8% de seguridad:

TOTAL 8% (kW)	166,465
----------------------	----------------

ELECCIÓN DE EQUIPO

3. SELECCIÓN DE EQUIPOS.

3.1. Compresor.

Podemos elegir entre dos tipos de compresores: alternativos o de pistón y rotativos o de tornillo.

Comparación entre los compresores de tornillo y de pistón:

A la hora de la selección de un determinado tipo de compresor para una instalación, son varios los factores a analizar, por lo que se analizarán para la correcta elección del mismo:

- **Producción frigorífica:**

La producción frigorífica, frente al consumo de energía entre dos compresores, uno del tipo tornillo y otro alternativo, registra una leve diferencia a favor del compresor de tornillo del orden de 3 a 5%, debido a los menores rozamientos de las partes móviles.

- **Vida útil y reparaciones:**

El compresor de tornillo debido a que prácticamente no posee roces mecánicos, no sufre desgaste y mantiene su eficiencia durante su período de vida útil, cosa que en los compresores de pistón es muy común.

El desgaste de las válvulas hace que se incrementen las fugas, por lo que su eficiencia disminuye, lo que se traduce en una menor producción frigorífica para el mismo consumo energético.

Así mismo, otra ventaja de los compresores de tornillo es su bajo coste de mantenimiento, dado que bajo condiciones de uso normales los desgastes se limitan a los cojinetes, siendo los únicos elementos a cambiar.

- **Parcialización de carga:**

En los compresores de tornillo en el caso de que funcionen a cargas parciales, la regulación se realiza de forma continuada mediante la variación de la longitud del tornillo que se encuentra en fase de compresión. En cambio, en los compresores de pistón, esta regulación es escalonada.

- **Rendimiento volumétrico:**

Es mejor en los compresores de tornillo.

Dado que vamos a emplear como refrigerante el R-134a y las condiciones de trabajo que se van a emplear, se ha decidido por optar por un compresor de tornillo.

El principio de funcionamiento de este tipo de compresores es:

Se trata de una máquina que, por medio de dos tornillos denominados rotor macho y rotor hembra, comprime el aire. Se dispone de un motor que transmite energía mecánica a la caja o depósito del compresor a través de una polea. Al momento que los tornillos empiezan a girar, crean una succión por la toma de aire mientras va aumentando la presión del mismo a través de las cavidades.

Ventajas de los compresores de tornillo:

- Poseen un bajo impacto acústico.
- Rendimiento volumétrico alto.
- Ocupan poco espacio físico.
- Reducido coste de mantenimiento.
- Poco sensibles a golpes de líquido, debido a la ausencia de válvulas de carga y descarga.

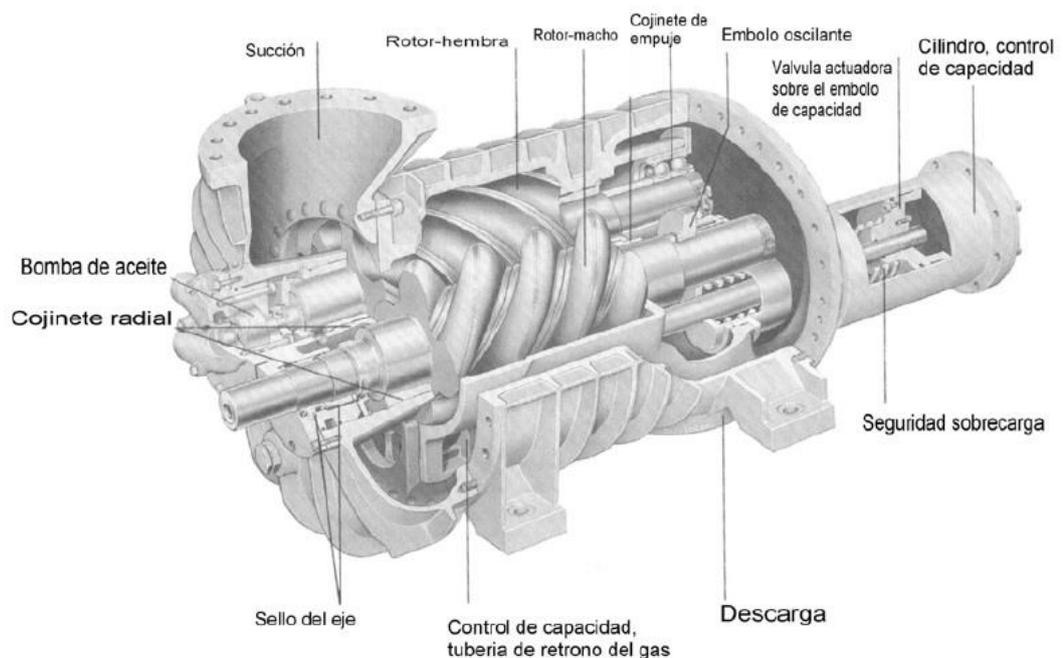


Fig. 10 – Partes de un compresor de tornillo

Selección de compresor comercial:

El compresor que mejor se adapta a las características que a las que nos somete nuestra instalación es el modelo RCWW008CA1A de la marca LG. Siendo el significado de la nomenclatura:

R = Korea (R-134a)

C = Chiller

W = Water-cooled

W = Screw compressor

008 = Nominal ton

C = Falling film type

A = Chilled water: 10kgf/cm²G

1 = Number of compressors

A = Development sequence

Y cuyas especificaciones técnicas son:

Modelo		Unidades	RCWW008CA1A
Condiciones estándar	Capac. frigorífica	kW	262
	Consumo	kW	56

Datos generales de la unidad	Nº de circuitos		1
	R-134a	kg	70
	Aceite	l	16

Peso		kg	2.460
------	--	----	-------

Condensador	Volumen de agua	l	29
Condensador	P Max. Agua	MPa	1
	P Max. R-134a	MPa	1
	Flujo min Agua	l/s	6,6
	Flujo max Agua	l/s	26,5

Evaporador	Volumen Agua	l	42
	P Max. Agua	MPa	1
	P Max. R-134a	MPa	1

	Flujo min Agua	l/s	5,6
	Flujo max Agua	l/s	22,3

Dimensiones	Largo	mm	2.940
	Ancho	mm	1.470
	Alto	mm	1.815



Fig. 11 – Compresor LG RCWW008CA1A

3.2. Selección de la unidad UHA

Las unidades de aire acondicionado compactas son las más económicas y de mayor eficiencia. Sus dimensiones y versatilidad son la base para optar por este equipo para el buque LNG en cuestión.

Para nuestro proyecto, se ha optado por una AHU (Air Handle Unit) de la marca Novenco, modelo Climaster ZCP para cubrir el caudal de aire de nuestra instalación.



Fig. 12 – AHU Climaster ZCP

3.3. Selección del refrigerante.

El gas refrigerante R134a es un HFC (hidrofluorcarbono) que sustituye al R12 en las instalaciones nuevas. Como todos los refrigerantes HFC no daña la capa de ozono. Tiene una gran estabilidad tanto térmica como química, una baja toxicidad y no es inflamable. Además de tener una excelente compatibilidad con la mayoría de materiales.

El R134a es un refrigerante muy utilizado en chillers del sector industrial y naval además del transporte frigorífico en temperaturas positivas.

A la hora de almacenar el R134a, debe estar en un lugar fresco y ventilado lejos de focos de calor.

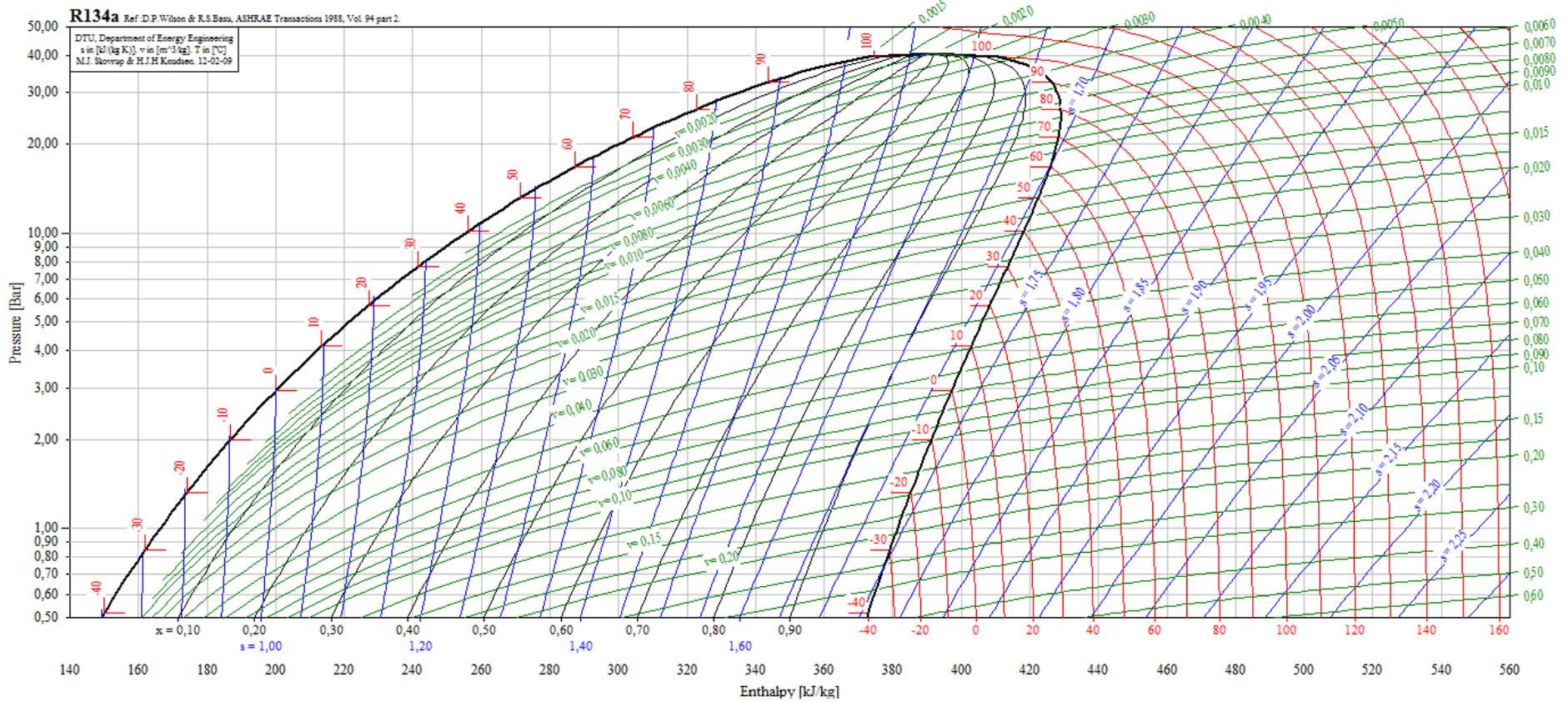


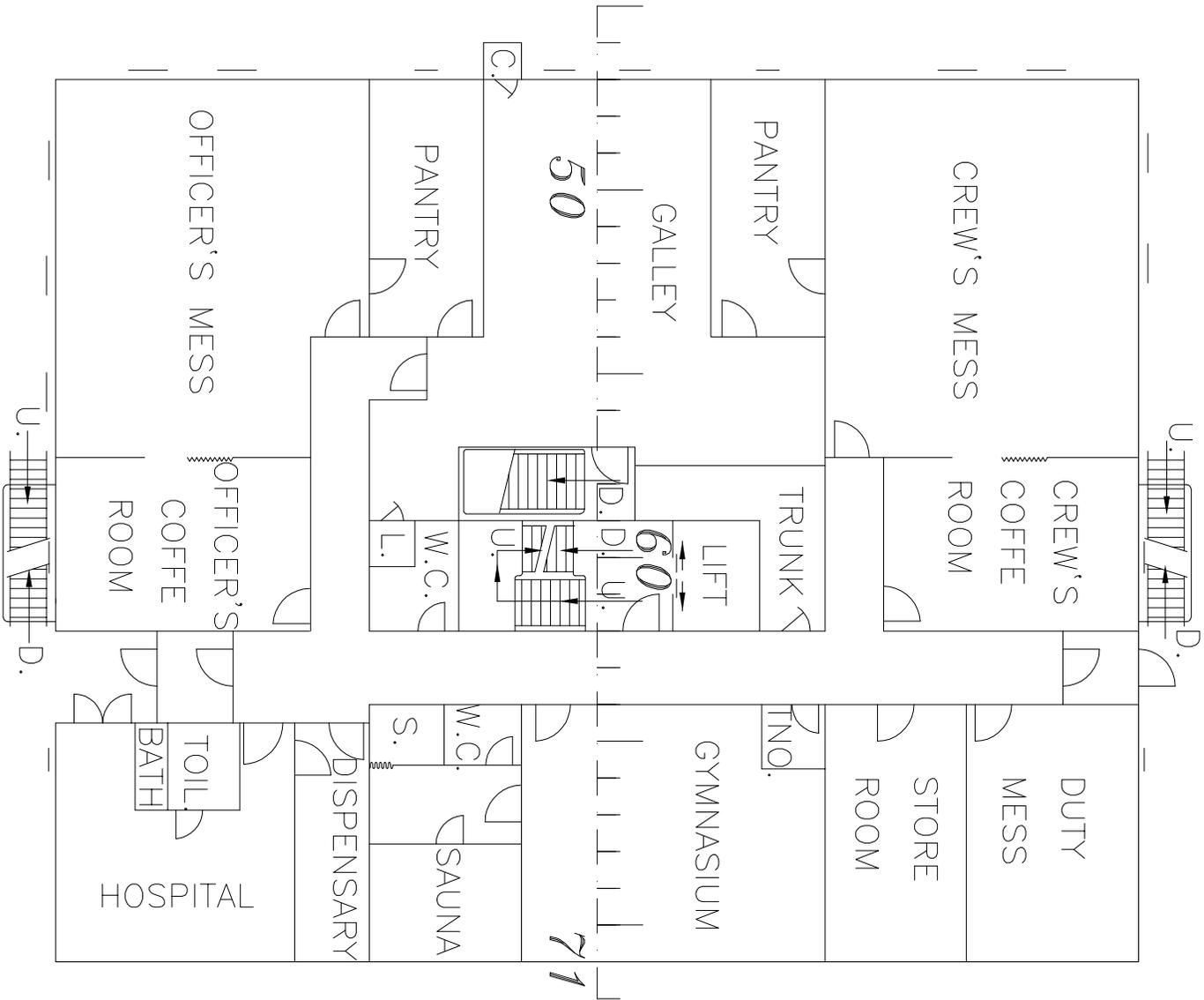
Fig. 13 – Diagrama de Mollier del R-134a

PLANOS

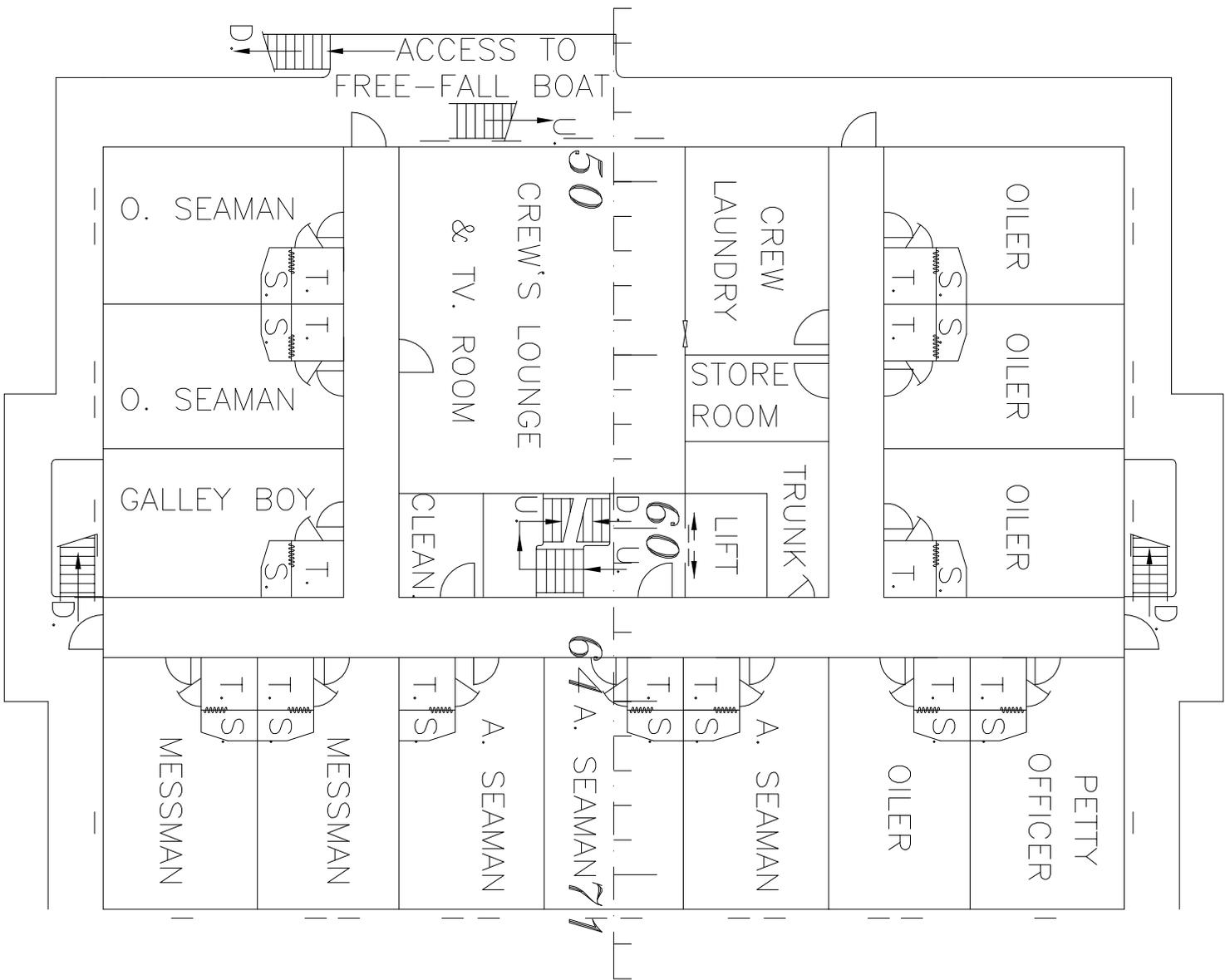
4. PLANOS

A continuación se presentarán los planos de las diferentes cubiertas en las que irá instalado el sistema de aire acondicionado.

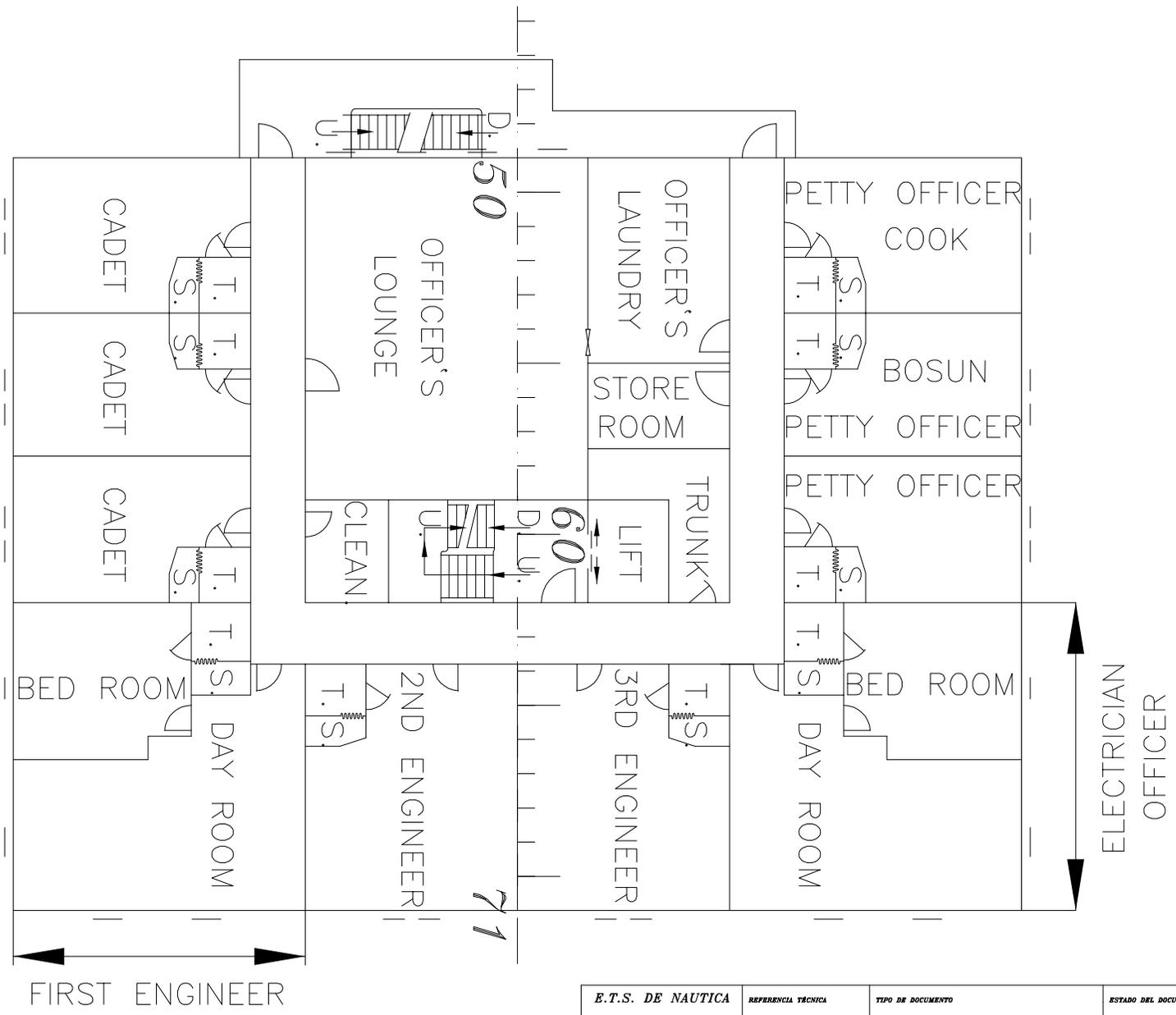
Los planos son elaboración propia.



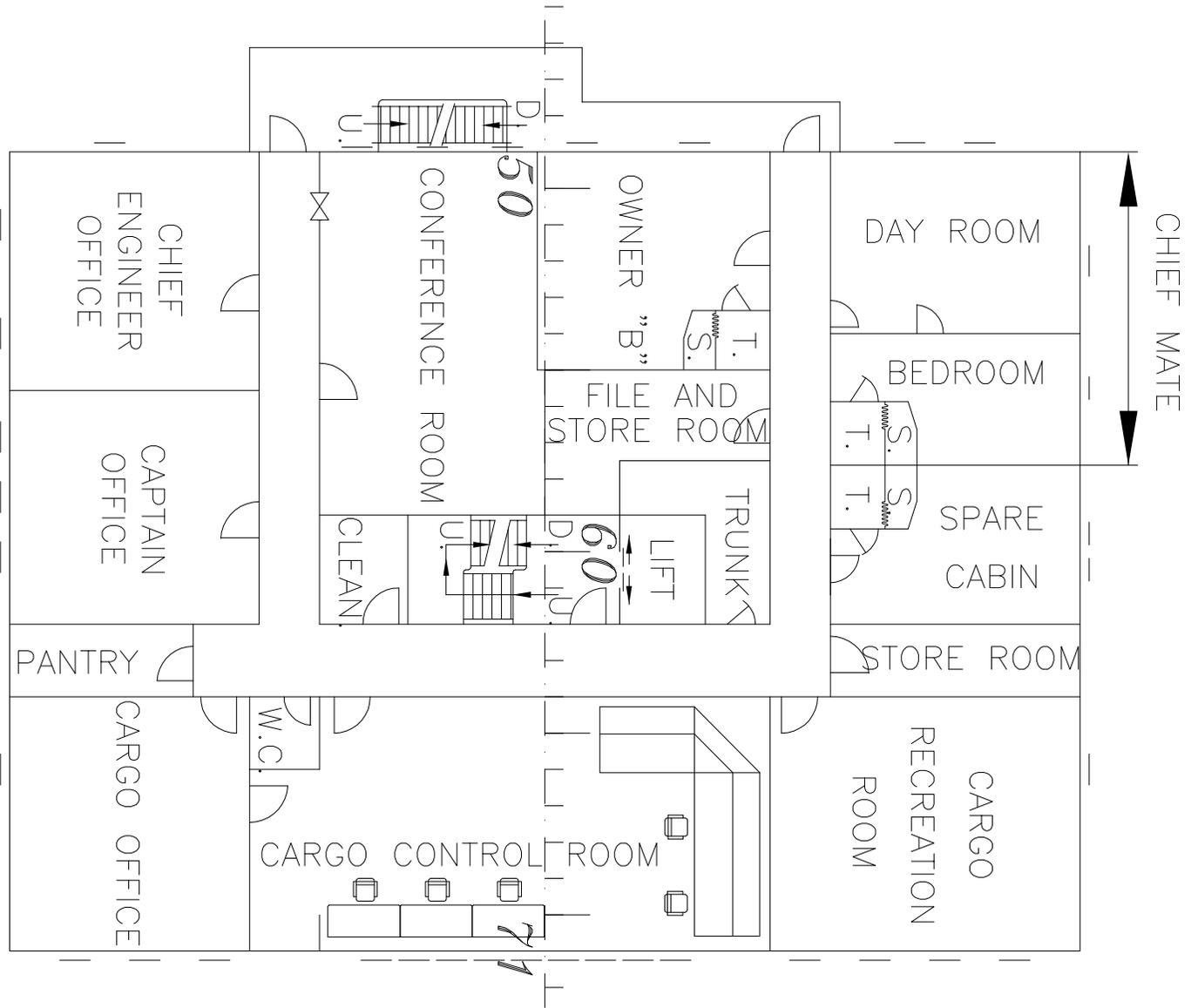
E.T.S. DE NAUTICA GRADO EN INGENIERIA MARITIMA	REFERENCIA TÉCNICA	TIPO DE DOCUMENTO	ESTADO DEL DOCUMENTO			
	CREADO POR PABLO DIEZ ECHAVE	TÍTULO, TÍTULO SUPLEMENTARIO CUBIERTA A	BUQUE LNG			
	APROBADO POR SERGIO GARCIA GÓMEZ					



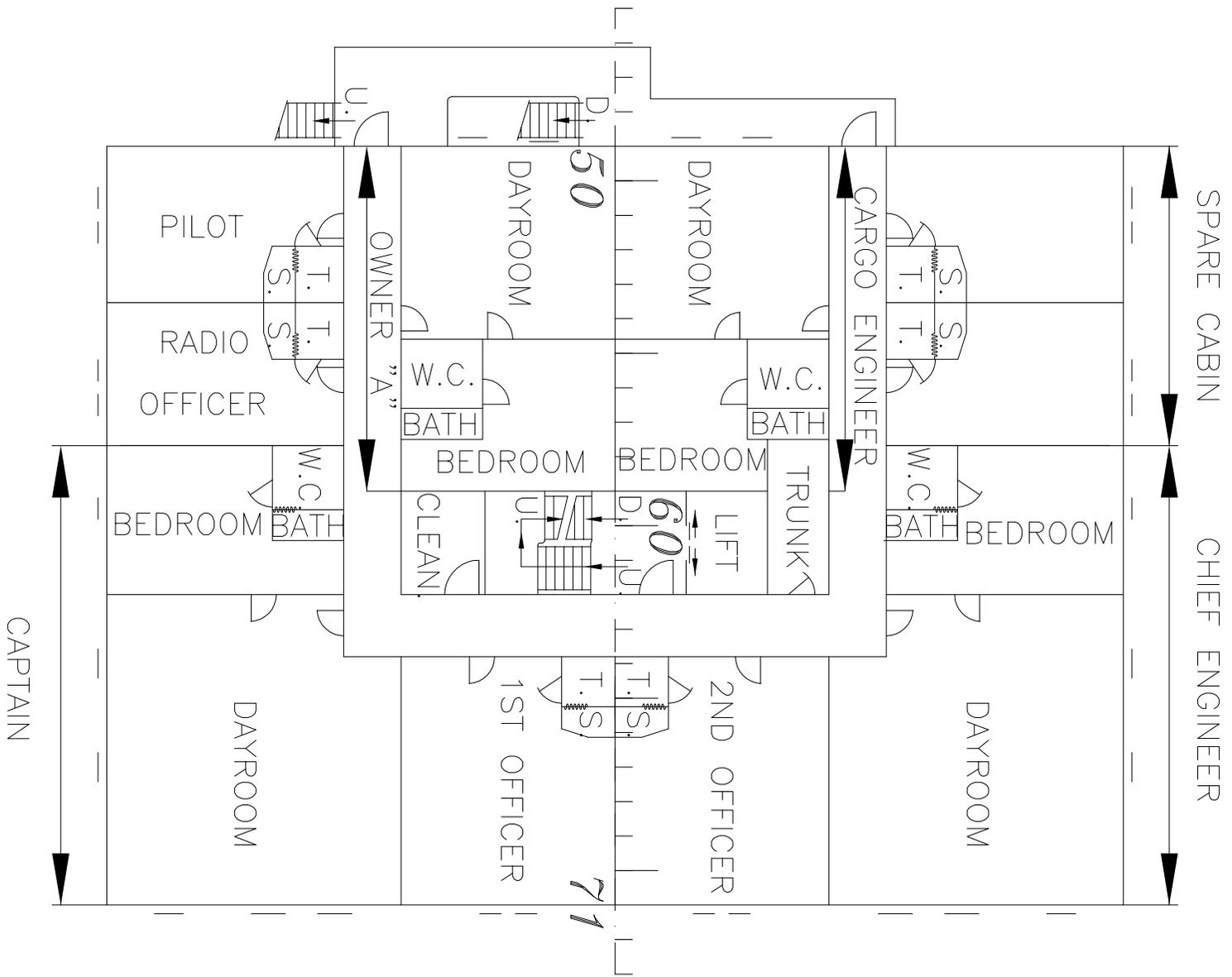
E.T.S. DE NAUTICA GRADO EN INGENIERIA MARITIMA	REFERENCIA TECNICA	TIPO DE DOCUMENTO	ESTADO DEL DOCUMENTO			
	CREADO POR PABLO DIEZ ECHAVE	TITULO, TITULO SUPLEMENTARIO CUBIERTA B	BUQUE LNG			
	APROBADO POR SERGIO GARCIA GÓMEZ		ESCALA	FECHA DE EDICIÓN FEBRERO 2016	FORMATO A3	HOJA Nº



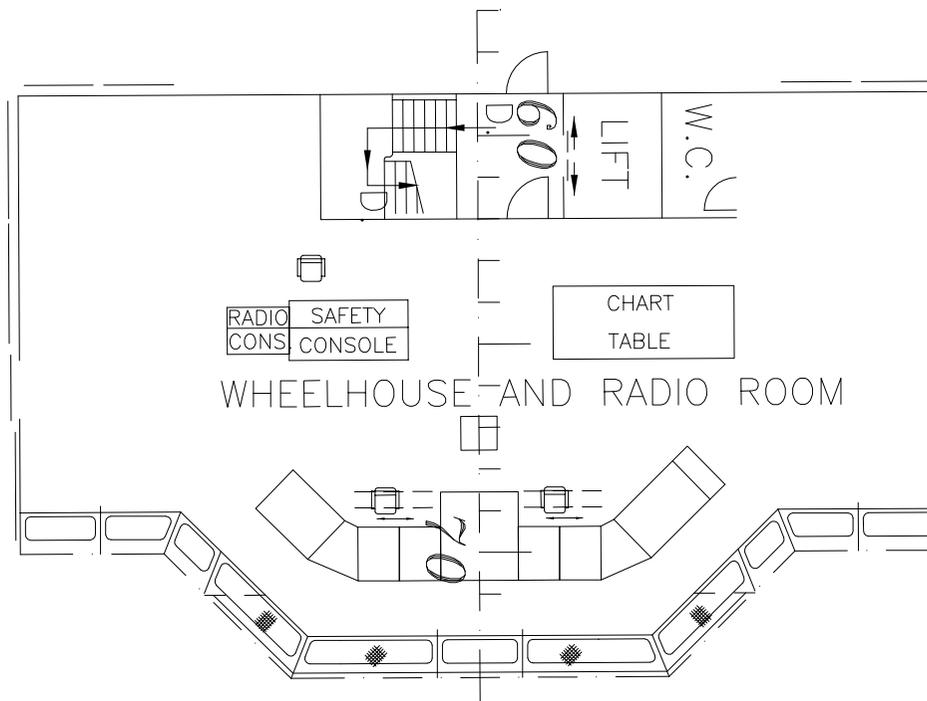
E.T.S. DE NAUTICA GRADO EN INGENIERIA MARITIMA	REFERENCIA TECNICA	TIPO DE DOCUMENTO	ESTADO DEL DOCUMENTO			
	CREADO POR PABLO DIEZ ECHAVE	TITULO, TITULO SUPLEMENTARIO CUBIERTA C	BUQUE LNG			
	APROBADO POR SERGIO GARCIA GÓMEZ					



E.T.S. DE NAUTICA GRADO EN INGENIERIA MARITIMA		REFERENCIA TECNICA	TIPO DE DOCUMENTO	ESTADO DEL DOCUMENTO		
	CREADO POR PABLO DIEZ ECHAVE	TITULO, TITULO SUPLEMENTARIO CUBIERTA D		BUQUE LNG		
	APROBADO POR SERGIO GARCIA GÓMEZ					



E.T.S. DE NAUTICA GRADO EN INGENIERIA MARITIMA		REFERENCIA TECNICA	TIPO DE DOCUMENTO	ESTADO DEL DOCUMENTO		
	CREADO POR PABLO DIEZ ECHAVE	TITULO, TITULO SUPLEMENTARIO CUBIERTA E		BUQUE LNG		
	APROBADO POR SERGIO GARCIA GÓMEZ					



E.T.S. DE NAUTICA GRADO EN INGENIERIA MARITIMA	REFERENCIA TECNICA	TIPO DE DOCUMENTO	ESTADO DEL DOCUMENTO			
	CREADO POR PABLO DIEZ ECHAVE	TITULO, TITULO SUPLEMENTARIO PUENTE	BUQUE LNG			
	APROBADO POR SERGIO GARCIA GÓMEZ		ESCALA	FECHA DE EDICIÓN FEBRERO 2016	FORMATO A3	HOJA Nº

PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CONDICIONES

1.1. Generalidades.

Las instalaciones de aire acondicionado se realizarán siguiendo las directrices del Proyecto específico (planos, presupuesto, memoria y pliego de condiciones) y las indicaciones que se faciliten durante la ejecución por parte del proyectista y de la dirección de obra, es decir, por la Dirección Facultativa.

Los planos del proyecto deben considerarse de carácter indicativo de la disposición general del sistema debiendo realizarse un replanteo en la instalación de aire acondicionado de todos los sistemas para evitar interferencias entre ellos.

Normativas.

En la Memoria del Proyecto se incluye un apartado específico referente a la Normativa que se debe cumplir siguiendo las siguientes prioridades:

- Reglamentos de las condiciones generales de diseño a bordo de buques.
- Reglamentos de aparatos a presión.
- Reglamentos de los diferentes elementos de la instalación.

Modificaciones.

Toda modificación que se pretenda incorporar al proyecto, por parte del contratista o de cualquiera de sus subcontratas, deberá ser sometida a la Dirección Facultativa que tendrá que aprobar por escrito cualquier cambio que se produzca y facilitar los planos de detalle suficientes para la correcta ejecución de la instalación.

Materiales.

Todos los materiales se ajustarán a las características y calidades reflejadas en los Documentos de Proyecto. Además, deberán estar debidamente homologados y, en el caso de que no sea así, tendrán que estar contrastados por un laboratorio de ensayos homologados para este tipo de trabajos.

Con el objeto de comprobar la calidad de los materiales, el contratista estará obligado a presentar a la Dirección Facultativa una muestra de todos los materiales que se utilicen para su aprobación. Una vez aprobados, los materiales se almacenarán convenientemente como muestras, no empleando bajo ningún concepto materiales de distinta calidad a los de muestra.

A la llegada de los materiales, se comprobará su correspondencia con el Proyecto

revisando las placas y la documentación acreditativa de la homologación de aparatos. No se podrá sustituir ningún material por otro, aun siendo similar, ni instalar aparatos de marcas o modelos distintos sin autorización escrita de la Dirección Facultativa. Los materiales que presenten defectos como picaduras, mal aspecto, etc. serán desechados incluso después de haber realizado su montaje.

Desacuerdos.

En caso de discrepancias debidas a las especificaciones o a datos que figuran en alguno de los Documentos del Proyecto, prevalecerá, sin posibilidad de apelación por parte del contratista ni de ninguna subcontrata, el criterio razonado de la Dirección Facultativa.

Pruebas.

Durante la ejecución de la instalación se irán realizando pruebas de los diferentes elementos que lo permitan como pruebas de estanqueidad en circuitos, funcionamiento de motores, etc.

Una vez finalizada la instalación, se realizarán las pruebas finales de funcionamiento de todos los equipos instalados.

Recepción provisional.

Si los resultados de las pruebas finales son satisfactorios, se procederá a la recepción provisional de la instalación dando por finalizado el montaje de la misma. En ese momento, se debe hacer entrega de la siguiente documentación a la Propiedad:

- Copia de los proyectos específicos con trazado real de los elementos.
- Esquemas de funcionamiento según las distintas reglamentaciones para su colocación en máquinas, cuadros, etc. Además, códigos de colores para identificación de tuberías, fabricantes y características de funcionamiento.
- Hoja de resultados de las pruebas finales.
- Manuales de instrucciones.
- Acta de recepción firmada por la Propiedad, contratista y Dirección Facultativa.
- Libros de mantenimiento.

Recepción definitiva.

Una vez transcurrido el periodo de garantía, estimado en un año salvo pacto de otro período de tiempo por las partes interesadas, y si el funcionamiento de los elementos es correcto se dará la instalación por recepcionada definitivamente.

Ayudas.

Serán proporcionadas por el contratista en forma de medios mecánicos y personales para el correcto desarrollo de la instalación.

Personal.

El contratista presentará mensualmente la justificación suficiente de que todas las personas que se encuentren trabajando en la instalación disponen de cobertura legal.

1.2. Ruidos y vibraciones

Aislamientos.

Los aislamientos a emplear serán los definidos en la Memoria siendo de primeras marcas o similares con las características y densidades que se indiquen.

Equipos.

Todos los equipos y máquinas con elementos en movimiento (compresores, motores, etc.) tendrán intercalados elementos anti-vibratorios adecuados en sus conexiones con las líneas de distribución (tuberías, conductos, etc.).

Montaje.

Se prestará un cuidado especial en el montaje y colocación de los aislamientos, no pudiendo haber fallos en el material ni huecos libres que ocasionen puentes térmicos o acústicos.

Planos.

Se respetarán todos los detalles constructivos definidos en los planos.

1.3. Instalación de aire acondicionado.

Equipos.

La capacidad de los equipos será la que se especifica en los Documentos de Proyecto y su instalación se realizará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Todos los motores, controles y dispositivos eléctricos suministrados serán conformes a las normas vigentes. Los materiales deberán ser de la mejor calidad y todos los artículos estándar de fabricación serán normalizados, nuevos y de diseño en el mercado mundial.

Todo el equipo debe estar colocado en los espacios asignados dejando un espacio razonable para su reparación. El instalador debe verificar el espacio requerido aunque pueda haber sido especificado o no en este Proyecto.

Baterías de enfriamiento y deshumidificación.

Serán suministradas por un suministrador oficial cumpliendo todos los requisitos establecidos de fabricación estándar para su fácil instalación.

Deberán tener una capacidad, condiciones de trabajo y refrigerante tal y como se indica en los otros Documentos de Proyecto.

El montaje deberá estar realizado de acuerdo con la Legislación y los Reglamentos vigentes.

Compresor.

Se dispondrá de un compresor de tornillo LG RCWW008CA1A el cual se suministrará con tanque de aceite, válvulas de servicio, carga de aceite mineral, cuadro eléctrico, cuadro de control local, conexiones de control y amortiguadores.

Condensador.

Los condensadores serán de tubos de cobre y con carcasa de fundición, con los ánodos de zinc de sacrificio correspondiente.

Válvula de expansión.

Se dispondrá de una válvula de expansión termostática marca ALCO la cual se suministrará con el AHU.

Válvulas y grifería.

Las válvulas llevarán el nombre del fabricante o marca personal y el símbolo indicativo de las condiciones de servicio y presión de diseño.

Las válvulas de cierre para circuito de hasta dos pulgadas serán de esfera con cuerpo de bronce, bola de cierre de acero inoxidable y asiento de teflón. A partir de dos pulgadas, se emplearán válvulas de mariposa.

Los sistemas de cierre serán estancos para las presiones a las que se debe trabajar. Las maniobras de apertura y cierre deberán realizarse sin gran resistencia y no producirán ruidos ni vibraciones.

La sujeción de las griferías a los aparatos o tuberías se realizará mediante racores o bridas adecuadas estando prohibida su sujeción mediante medios no normalizados.

Las válvulas se colocarán en lugares accesibles pero cuando se encuentran empotradas, la distancia del volante a la pared debe permitir una fácil maniobrabilidad de las mismas.

Tuberías.

Las tuberías serán lisas por ambos lados y deberán reunir todas las condiciones exigidas en la Normativa vigente, así como la documentación acreditativa de haber superado todos los ensayos solicitados en las normas ISO. De forma especial, el ensayo de choque térmico y los ensayos de estanqueidad al aire y al agua de las uniones conjuntas elásticas.

Las tuberías serán cortadas a las dimensiones establecidas a pie de obra y se colocarán en su sitio sin necesidad de forzarlas o flexarlas. Se instalarán de forma que se contraigan o dilaten sin deterioro para ningún trabajo ni para sí mismas.

No se permitirán cambios de dirección u otras uniones que no se realicen con soldadura incorporada. Todo paso de tubos por mamparos llevarán una camisa de tubo de PVC o similar que permita la libre dilatación.

Los tendidos de las tuberías se instalarán paralelos o en ángulo recto a los elementos estructurales del barco, acoplándose a las características que se especifican en los documentos adjuntos y dejando la máxima altura libre para no interferir los aparatos de luz.

Los cortes se realizarán perpendiculares al eje de la tubería empleando las herramientas adecuadas. Después de cada corte, se deben eliminar cuidadosamente, mediante lijado, las rebabas del interior y del exterior de los tubos.

Se desecharán las tuberías ovaladas, con ondulaciones, rugosidades, calibrados defectuosos y defectos que se aprecien visualmente.

Las tuberías estarán pintadas según colores normalizados de normas ISO con indicación del sentido del flujo que circula por ellas.

No se permitirá la unión directa de acero y cobre, debiendo intercalar una pieza de metal o manguito electrolítico para dichas uniones.

Antes de la puesta en marcha de la instalación se debe realizar una limpieza de las tuberías, mediante la circulación de una solución acuosa detergente, con el fin de eliminar las cascarillas, polvo, etc. que se acumulan durante el montaje.

Instalación eléctrica.

El instalador preverá un cuadro general para la protección, maniobras y realización de todos los equipos que constituyan la instalación partiendo de una acometida que le será facilitada. Así mismo, deberá incluir las líneas de alimentación desde el cuadro general a los equipos.

En todos los arrancadores se dispondrá, como mínimo, de dos contactos auxiliares, uno normalmente cerrado y el otro normalmente abierto.

Las tuberías para canalizaciones eléctricas serán de tubo o canaleta de PVC y se sujetarán a muros, paredes y techos con clavos autopropulsores a una separación máxima de 0,8 metros.

Los cables llevarán aislamiento de plástico con tensión de prueba no inferior a 4000 voltios y para una tensión de servicio de 750 voltios.

La sección de los conductores estará de acuerdo a los Reglamentos vigentes y nunca será menor a la marcada en los planos y documentos de este Proyecto.

La sección y características de los cables de control estarán de acuerdo a los reglamentos vigentes y no serán menores de lo especificado por los fabricantes de los controles.

Equipo de regulación.

El sistema de control será de tipo electrónico. Todo el equipo, cableado y montaje será realizado por el instalador, salvo especificación en contra. Los elementos de control se situarán de forma que no estén influenciados por una causa distinta de aquella que se pretenda comprobar. Los elementos de regulación se montarán de forma adecuada evitando oscilaciones excesivas.

PLAN DE SEGURIDAD LABORAL

2. PLAN DE SEGURIDAD:

El objetivo primordial de la existencia de un Plan de Seguridad específico para este proyecto es basar los fundamentos y exponer los diferentes riesgos que pueden presentarse a la hora de la instalación del sistema de aire acondicionado para el buque. Para lo cual, a continuación se expondrán tanto los riesgos que pueden aparecer así como las medidas correctivas para evitarlos.

El presente Plan de Seguridad Laboral, de acuerdo con las estipulaciones de la *Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales* y el *Real decreto 1627/1997 del 24 de Octubre*, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud laboral en las obras de construcción, tiene como objeto garantizar la seguridad del personal encargado de la instalación de los diferentes equipos.

Como requisito fundamental para el inicio de la obra que este proyecto acomete, la Evaluación de Riesgos Específica y las Medidas Preventivas que se presentan a continuación, deben ser aprobados previamente al inicio de esta por el Jefe de Seguridad o la autoridad competente al cargo. Sin dicha aprobación la obra no podrá realizarse.

Todos los operarios deberán aceptar y estarán sujetos a cumplir las especificaciones de seguridad que se impongan para cada campo de trabajo. En caso del incumplimiento de las normas de seguridad, las sanciones pueden ir desde el aviso verbal a la retirada del permiso de trabajo y expulsión de las instalaciones del astillero en el que se realiza la obra.

EVALUACIÓN ESPECÍFICA DE RIESGOS EN LA INSTALCIÓN DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE UN BUQUE LNG

Además de las medidas preventivas que se expondrán dependiendo del tipo de trabajo a realizar, serán de uso obligatorio para todos los trabajos los siguientes Equipos de Protección Individual (EPI's):

- Buzo de trabajo.
- Calzado de seguridad.
- Casco.
- Gafas de protección.
- Guantes de protección mecánica.

PROCESO	RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Movimiento de cargas (suspendidas o no)	<ul style="list-style-type: none">- Caída de objetos.- Atrapamientos por caída.- Golpes a personal durante su transporte- Cortes o golpes por manejo de maquinaria.- Sobreesfuerzos en manipulación manual.	<ul style="list-style-type: none">- En caso de uso de grúa para mover las cargas, el encargado de usarla deberá estar capacitado para ello y en posesión de un carnet que los certifique.- En caso de que el tamaño de la carga sea grande, se deberá utilizar una cuerda guía para controlar los posibles balanceos de la carga.- Queda prohibido situarse debajo de las cargas que estén suspendidas, deteniendo el resto de trabajos si es necesario.

		<ul style="list-style-type: none"> - Las eslingas, estrobos o cadenas empleadas para suspender las cargas han de estar en perfecto estado y serán revisadas previas a su uso. En caso de que la autoridad competente de revisarlas considere que no están en óptimo estado serán retiradas.
Trabajos en altura	<ul style="list-style-type: none"> - Caída de objetos desde altura. - Caídas a distinto nivel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de arnés de doble gancho y con uno de ellos siempre anclado al andamio, la cesta de la plataforma elevadora o a algún punto fijo. - En caso de que se empleen andamios, el acceso a estos deberá ser por medio de escaleras y nunca escalando por el mismo. - En el caso de que se empleen plataformas elevadoras, el operario siempre deberá ir anclado a la cesta y no deberá abandonarla en ningún momento. - Certificar que el arnés se encuentra en buen estado y esté certificado. - Balizar correctamente la zona inferior para evitar paso de gente por debajo de la zona de trabajo en

		<p>altura. Evitar lo máximo posible trabajos por debajo del nivel de trabajos en altura.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En caso de emplear una escalera: debe ser de tijera y debe tener una cadena u otro sistema que evite su apertura por completo. - Bajo ningún concepto se podrán empalmar dos escaleras. - Especial atención a la organización, orden y limpieza (OOL) para evitar caídas de herramientas y otros equipos.
Trabajos de calderería/soldadura	<ul style="list-style-type: none"> - Quemaduras. - Fuego. - Proyecciones incandescentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deberán usarse EPI's específicos para este tipo de trabajos: pantalla de soldador, guantes de serraje altos, peto de soldador ... - Los diferentes equipos a utilizar (máquinas de soldar, sopletes, radiales...) deberán ser inspeccionadas y deben estar homologadas antes de su uso. - Estará prohibido realizar empalmes en las mangueras o cables de los equipos.

		<ul style="list-style-type: none"> - Se rellenarán los permisos de trabajo pertinentes a los trabajos de calderería/soldadura. - Se requiere la presencia de un extintor en la zona de trabajo ante la posibilidad de incendio. - Los equipos de corte (soplete) deberán estar en óptimas condiciones, con las botellas en posición vertical y ancladas, y con válvula antirretorno. - Las botellas deberán abrirse lentamente, y una vez terminado el trabajo deben cerrarse.
Montaje del aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición a productos nocivos y/o tóxicos. - Caída de objetos. - Cortes/atrapamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obligatorio el uso de mascarilla. - Uso obligatorio de guantes de protección para la manipulación de las mantas de aislamiento.
Instalación de cableado eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Contacto eléctrico. - Cortes. - Existencia de corriente en la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Deberá cortarse la corriente eléctrica en los equipos que se vaya a trabajar. Bloqueo eléctrico. - Uso de herramientas con aislamiento. - Situar en espacios secos las máquinas o herramientas eléctricas que se empleen.

Carga de refrigerante	<ul style="list-style-type: none"> - Explosión. - Intoxicación. - Quemaduras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar previamente todos los elementos de seguridad como válvulas, presostatos, antirretornos, depósitos ... - Verificar en la medida de lo posible la estanqueidad de la instalación. - Uso obligatorio de EPI's específicos para la manipulación del refrigerante.
Pintura	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición a productos tóxicos. - Incendio al utilizar productos inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obligatorio el uso de mascarilla frente a posibles intoxicaciones por ingesta o inhalación.

PRESUPUESTO

3. PRESUPUESTO

Concepto	Precio/unidad	Unidades	TOTAL (€)
Compresor	43495 €	2	86990
Condensadores	4000 €	2	8000
Vvlla de expansión	165 €	2	330
Tanque almacen R-134a			1500
Depósito de aceite			250
Filtro de refrigerante R-134a	89 €	2	178
Presostatos	44.50 €	2	89
Mano de obra: incluye montaje, puesta a punto y pruebas de funcionamiento			17000

Unidad de enfriamiento AHU ZCP	12400	2	24800
Mano de obra, instalación eléctrica y montaje			16500

Conductos de ventilación			55000
Aislamiento de conductos			4500
Mano de obra			32000

TOTAL = 247,137 €

15% de margen = 284,207 €

21% de IVA = 343,891 €

ANEXOS



MARINE INTERIOR SYSTEMS



PRODUCT MANUAL

NORAC AS is the world's leading manufacturer
and supplier of marine interior systems.

EDITION 7 ©



WWW.NORAC.NO

K-600

K-600 is designed with integrated joint profiles for rapid installation, leaving a flush surface with single seam joints. Available in standard or modular system.

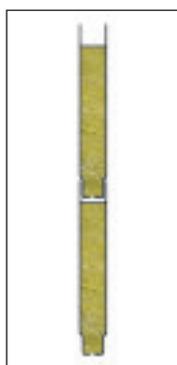
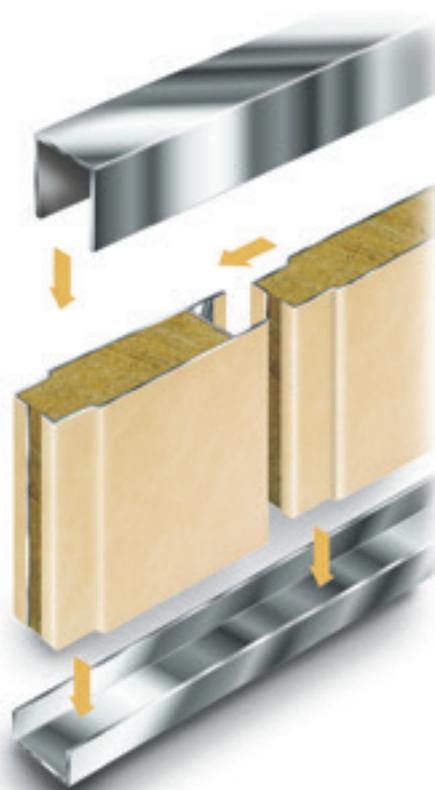
Approved B-15 with cable penetrations available for several wall types.

The system have been shock tested. More information available on request.

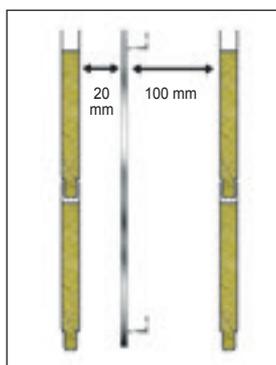
K-panels are also available in aluminium construction in B-15 with considerable weight savings. See technical description below.

WEIGHT:

All weights are based on system weight, including all profiles.



K-600/25mm/B-15
K-600/50mm/B-15
A-585/50mm/B-15
A-585/25mm/B-15



K-600/2x25mm/A-60

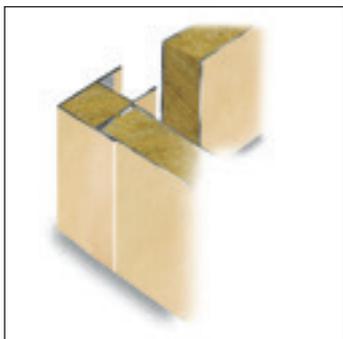
DESCRIPTION	K-600/50	K-600/100	K-600/25	A-585/50 **	A-585/25 *
Fire Class	B-15	B-30	B-15	B-15	B-15
Standard width	600 mm	600 mm	600 mm	585 mm	585 mm
Module length	up to 3000 mm	up to 2500 mm			
Module width	600 mm				
Thickness	50 mm	100 mm	25 mm	50 mm	25 mm
Weight	19.2 kg/m ²	25.2 kg/m ²	13.8 kg/m ²	12.3 kg/m ²	12.7 kg/m ²
Sound reduction	R _W =32 dB	R _W =32 dB	R _W =26 dB	R _W =24 dB	–
Thermal Insulation	U=0.65 W/m ² K	U=0.34 W/m ² K	U=1.16 W/m ² K	U=0.65 W/m ² K	U=1.16 W/m ² K
Application	Partition and Lining	Partition	Partition and Lining	Partition and Lining	Lining

* Alu/Steel **Alu/Alu



K-Wall CONNECTING DETAILS

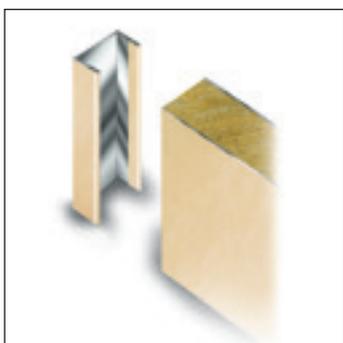
STANDARD



Complete corner element for cut finish or flush

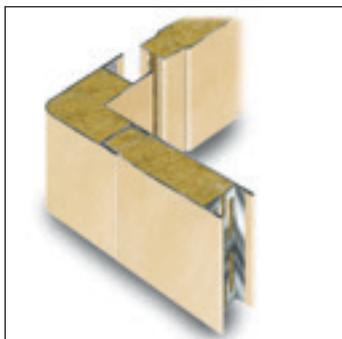


Standard U-profile for flush finish

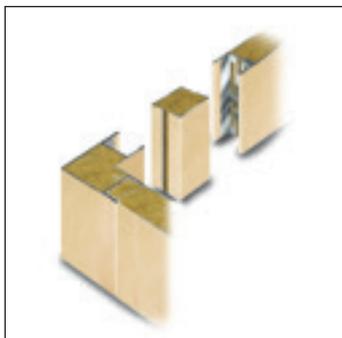


Standard U-profile for cut panel

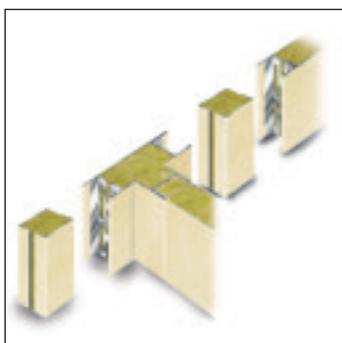
MODULAR



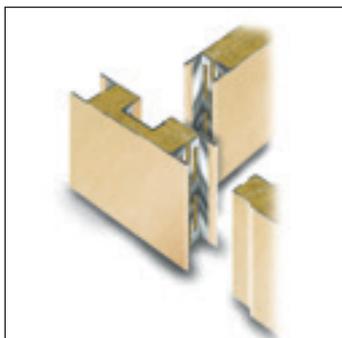
Rounded corners



Complete corner element for exposed corners only



T-connection



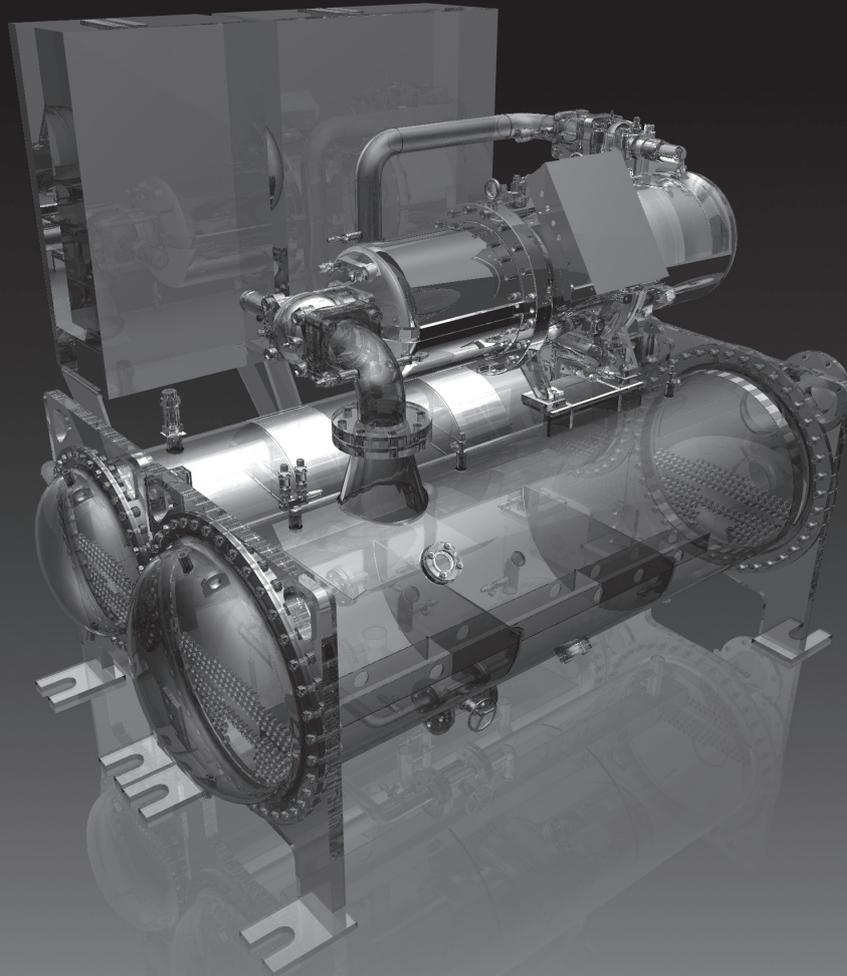
Recess connection for improved flexibility

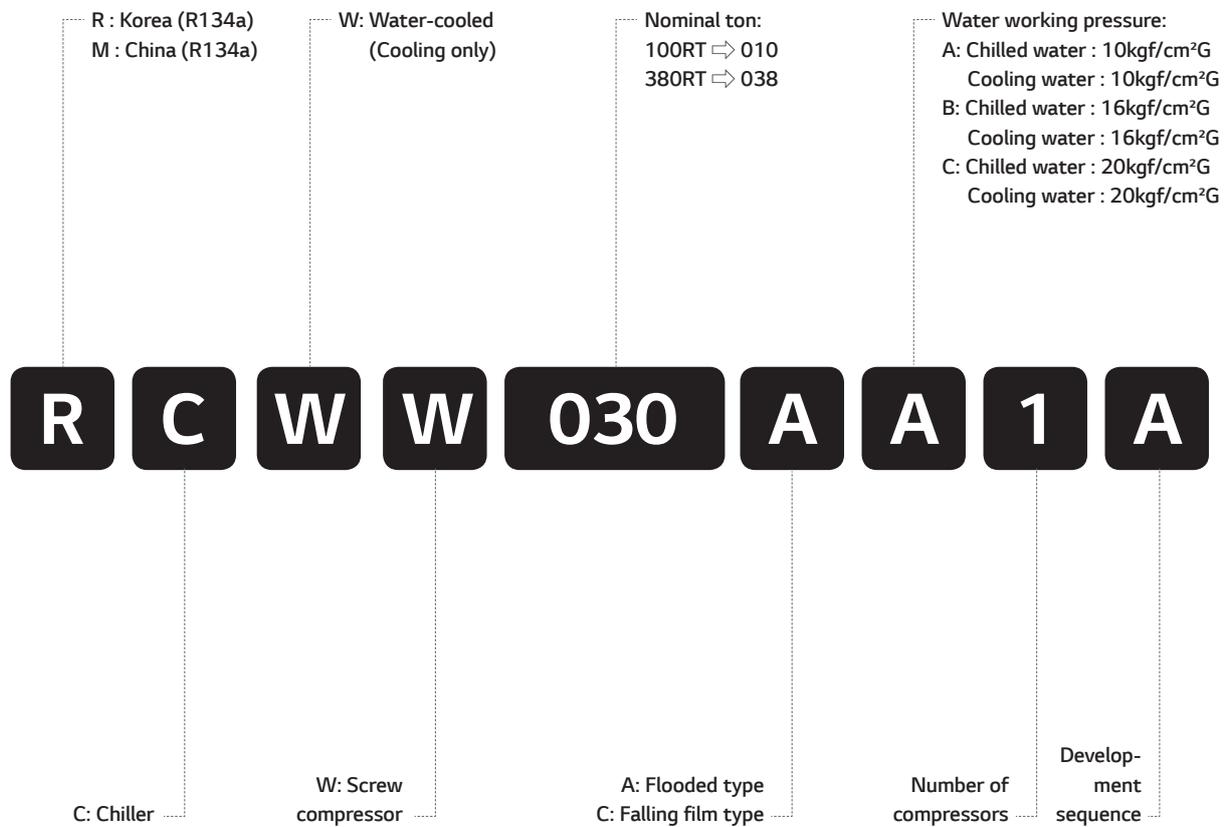
NOTE:

Norac systems are delivered with a wide variety of connecting elements/profiles to obtain the best solutions. Corners may also be delivered in stainless steel finish.

LG HVAC SOLUTION

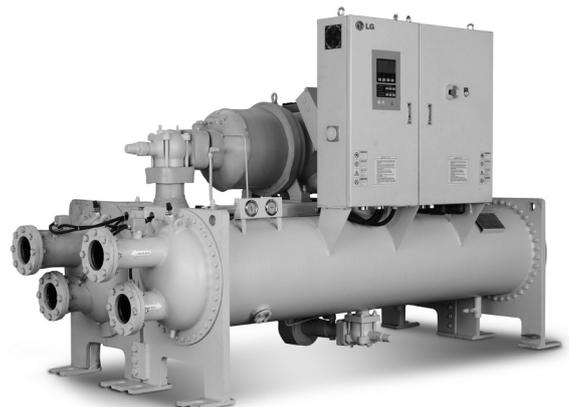
WATER COOLED SCREW CHILLER





Contents

- 02 Nomenclature
- 03 Line up & Introduction
- 04 Equipment overview
- 06 Control
- 08 Accessories and options
- 09 Specification
- 13 Performance data
- 19 Electrical data
- 26 Outline drawing
- 28 Foundation
- 30 Piping diagram
- 32 Control wiring
- 34 Power wiring
- 36 Guide specification



R134a (50Hz)

Model		Units	RCWW008CA1A	RCWW010CA1A	RCWW011CA1A	RCWW012CA1A	RCWW014CA1A	RCWW016CA1A	RCWW018CA1A
Standard Condition	Cooling capacity	kW	262	323	352	393	454	537	626
		usRT	74.5	91.8	100.1	111.7	129.1	152.7	177.9
	Input Power	kW	56	68.6	73.8	82.9	94.4	112.5	128.5
	COP		4.7	4.7	4.8	4.7	4.8	4.8	4.9
AHRI Conditions	Cooling capacity	kW	264.8	326.7	356.2	397.4	459.1	543.3	632.7
		usRT	75.3	92.9	101.3	113	130.5	154.5	179.9
	Input Power	kW	53.8	65.8	70.8	79.5	90.6	107.9	123.4
	COP		4.9	5	5	5	5.1	5	5.1
	IPLV		5.39	5.45	5.5	5.52	5.57	5.54	5.68
General Unit Data	Number of Circuits		1	1	1	1	1	1	1
	Refrigerant, R-134a	kg	70	80	90	100	120	140	160
	Oil Charge	l	16	20	23	23	28	28	28
Weight	Shipping Weight	kg	2,320	2,410	2,490	2,530	3,020	3,140	3,220
	Operating Weight	kg	2,460	2,570	2,660	2,710	3,250	3,390	3,500
Compressors	Compressor type		Semi-hermetic twin screw						
	Quantity	EA	1	1	1	1	1	1	1
Condenser	Evaporator type	kW	Shell and Tube						
	Water Volume	kW	29	30	32	32	44	46	50
	Max. Water Pressure	MPa	1	1	1	1	1	1	1
	Max. Refrigerant Pressure	Mpa	1	1	1	1	1	1	1
	Min. Cooling Water Flow Rate	l/s	6.6	7.5	8.5	8.5	10.8	12	13.6
	Max. Cooling Water Flow Rate	l/s	26.5	30	34.2	34.2	43.2	48.1	54.4
	Water Connections	DN	100	100	100	100	125	125	125
	Evaporator	Evaporator type	kW	Shell and Tube					
Water Volume		l	42	47	47	48	63	65	67
Max. Water Pressure		MPa	1	1	1	1	1	1	1
Max. Refrigerant Pressure		Mpa	1	1	1	1	1	1	1
Min. Chilled Water Flow Rate		l/s	5.6	7.7	7.7	8.4	10.1	11.2	12.6
Max. Chilled Water Flow Rate		l/s	22.3	30.7	30.7	33.5	40.5	44.6	50.2
Water Connections		DN	100	100	100	100	125	125	125
Dimension	Length	mm	2,940	2,940	2,940	2,940	2,940	3,050	3,120
	Width	mm	1,470	1,470	1,470	1,470	1,480	1,480	1,480
	Height	mm	1,815	1,850	1,855	1,855	1,890	1,895	1,950

Note:

1. 1usRT = 3,024kcal/hr = 3.517kW, 1mH₂O = 9.8kPa
2. Standard conditions :
 Entering / leaving chilled water temperature is 12 / 7 °C (53.6 / 44.6 °F).
 Entering / leaving cooling water temperature is 32 / 37 °C (89.6 / 98.6 °F).
 Fouling factor of water in evaporator is 0.018 m²·°C/kW (0.00001 h-ft²·°F/Btu)
 Fouling factor of water in condenser is 0.044 m²·°C/kW (0.00025 h-ft²·°F/Btu)
3. AHRI conditions :
 Leaving chilled water temperature is 6.7 °C (44 °F). Water flow is 0.043 L/s per kW (2.4 gpm/ton)
 Entering cooling water temperature is 29.4 °C (85 °F). Water flow is 0.054 L/s per kW (3.0 gpm/ton)
 Fouling factor of water in evaporator is 0.018 m²·°C/kW (0.00001 h-ft²·°F/Btu)
 Fouling factor of water in condenser is 0.044 m²·°C/kW (0.00025 h-ft²·°F/Btu)
4. Due to our policy of innovation some specifications may be changed without prior notification.

BIBLIOGRAFIA

Normativa

- UNE-EN ISO 7547 “Embarcaciones y tecnología marina. Aire acondicionado y ventilación de los alojamientos. Condiciones de diseño y bases de cálculo.”
- ASHRAE 2001 HVAC Fundamentals Handbook.

Normativa de la Sociedad de Clasificación DNV

- Rules for Classification and Construction – Ship Technology – Chapter 21: Ventilation.
- Offshore Standard DNV-OS-D101 – Marine And Machinery Systems And Equipment – October 2010.

Aislamientos

- NORAC – Marine Interior Systems – Productor Manual.

Elección de equipos

- Compresor: Catálogo *LG HVAC SOLUTION: WATER COOLED SCREW CHILLER*

ANEXO II: Aviso responsabilidad UC

AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”