

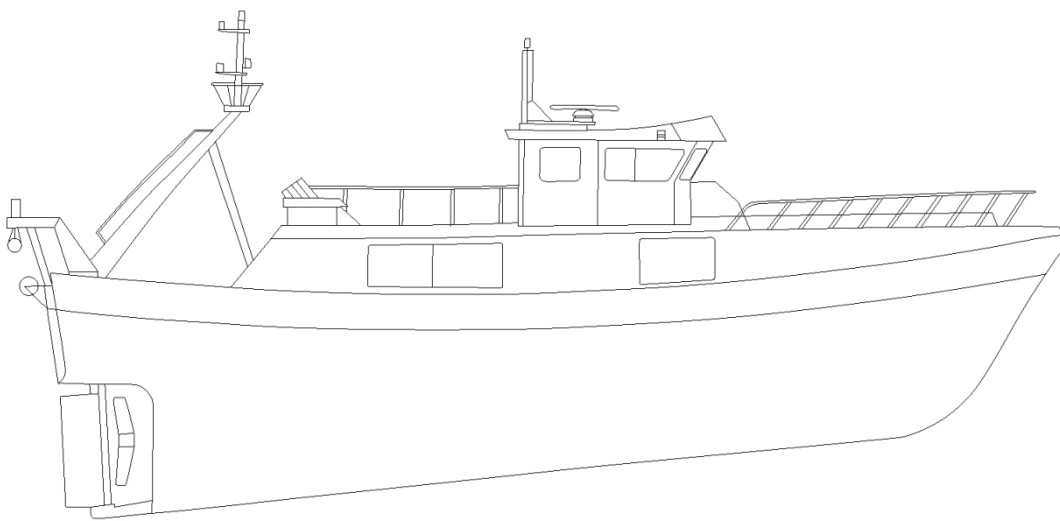


Universidad
Politécnica
de Cartagena



Grado en Arquitectura Naval e
Ingeniería de Sistemas Marinos

TRABAJO FIN DE GRADO



Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero

“Design of a cooling system for a fishing vessel trawler”

Autor: Cristóbal Yúfera Acosta

Tutor: Juan Pedro Luna Abad

Especialidad: Grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas Marinos

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	4
1.1 Objetivos del Trabajo	4
1.2 Justificación	4
1.3 Refrigeración	5
1.4 Reglamentación aplicable	5
CAPÍTULO 2: PESCA DE ARRASTRE.....	6
2.1 Introducción.....	6
2.2 Clasificación de peces	7
2.3 Producto a capturar	7
CAPÍTULO 3: REFRIGERANTES	11
3.1 Introducción.....	11
3.2 Clasificación de los refrigerantes.	11
3.3 Selección del refrigerante.	14
CAPÍTULO 4: INSTALACIÓN DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA.....	15
4.1 Características generales del buque.....	15
4.2 Equipo de refrigeración	17
CAPÍTULO 5: REPRESENTACIÓN DEL CICLO	19
CAPÍTULO 6: BALANCE TÉRMICO EN LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA.....	21
6.1 Cálculo de la carga térmica de la instalación frigorífica.	21
6.2 Cálculo del aislamiento térmico del recinto.	25
CAPÍTULO 7: SELECCIÓN DE EQUIPOS	30
7.1 Evaporador.....	30
7.2 Compresor.....	33
7.3 Condensador.....	36
7.4 Válvulas de expansión.....	37
7.5 Tuberías.....	39
CAPÍTULO 8: REGULACIÓN Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN	47
8.1 Introducción.....	47
8.2 Control de temperatura.....	47

8.3 Control de humedad relativa	48
8.4 Control de nivel de líquido.....	49
8.5 Control de la capacidad de la instalación	49
8.6 Control de la presión de aceite	50
8.7 Presostato de alta presión.....	50
8.8 Presostato de baja presión.....	50
CAPÍTULO 9: PRESUPUESTO	52
9.1 Componentes principales.....	52
9.2 Tuberías.....	52
NOMENCLATURA.....	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS: FORMULARIO Y COMPONENTES SELECCIONADOS	55
Anexo evaporador.....	55
Anexo compresor.....	57
Anexo condensador.....	65
Anexo acoplamiento del compresor con el condensador	69
Anexo válvula de expansión	71
Anexo tuberías	75
Anexo instalación de frío.....	97

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos del Trabajo

- Se realiza el estudio de conservación del frío en un local habilitado para ello en un pesquero y proceder a diseñar la instalación de frío necesaria para dicho local. .
Se deberán definir las necesidades de uso de la instalación de frío en un buque de pesca determinar el cálculo de cargas térmicas seleccionar los equipos principales y secundarios calcular los conductos en el equipo determinar la regulación del equipo de frío calcular coste de la instalación diseñar la instalación conforme a la legislación vigente
- No son objeto de este proyecto la definición y cálculos de las demás instalaciones que afecten a la instalación frigorífica, como son: instalación contra incendios, electricidad, control y regulación, fontanería y/o calderería de agua de mar para la alimentación de los condensadores, etc... Dichas instalaciones serían objeto de proyecto general del buque.

1.2 Justificación

El buque pesquero, transporta pescado y necesita un tratamiento térmico para poder conservarse en buen estado. Este tratamiento térmico consiste en la refrigeración, oscilando entre los 4°C y los 0°C de temperatura. La pesca ha sido una fuente de alimentación necesaria para el hombre desde los inicios de la humanidad. A lo largo de la historia, los hombres han ido perfeccionando las técnicas de pesca con el fin de conseguir un mayor número de capturas con un menor esfuerzo. Actualmente, la evolución de las técnicas de pesca ha hecho que algunas especies se hayan extinguido o el número de ejemplares se haya visto drásticamente reducido, haciendo que los lugares de pesca estén cada vez más alejados de los puertos de descarga. Debido a la distancia entre ambos puntos y el hecho de que el pescado es un producto perecedero, se necesitan técnicas de conservación que permitan frenar la descomposición del pescado, manteniendo las cualidades que lo hacen apto para el consumo humano. Estas técnicas han resultado muy útiles ya que han permitido que los pesqueros se puedan alejar cada vez más de la costa, haciendo posible la construcción de barcos de pesca cada vez más grandes con el fin de aumentar el número de capturas y reducir los costes. En este proyecto, se explicarán los materiales aislantes empleados para evitar pérdidas de calor en las cámaras frigoríficas, los refrigerantes utilizados y sus características, los aceites lubricantes necesarios para el buen funcionamiento de la instalación y los distintos elementos que forman la instalación, así como la realización de los cálculos del espesor de aislante, las cargas térmicas a las que está sometida la instalación y el ciclo frigorífico de la instalación. Para terminar se realizará un estudio del coste económico que tiene la instalación.

1.3 Refrigeración

Los pescados y los mariscos son alimentos muy perecederos, es decir, se alteran con rapidez y facilidad salvo que se recurra a tratamientos de conservación adecuados. Uno de los más útiles es el de la refrigeración. Este sistema permite mantener la calidad comercial de los alimentos por un periodo de tiempo variable. El tiempo en que se mantienen en perfecto estado depende de la especie, el método de captura y la manipulación, en la que siempre que se aplican temperaturas de entre 0 y 4⁰C desde el mismo momento de la captura, y ésta debe mantenerse en todas las etapas de distribución hasta su llegada al consumidor. En los barcos y puntos de venta, la refrigeración se realiza con abundante hielo. Este hielo, que se fabrica con agua de mar, permite alcanzar temperaturas algo inferiores a 0⁰C sin que los pescados lleguen a congelarse, lo que favorece una conservación más larga.

En el Mediterráneo la pesca del arrastre se efectúa al fresco, los barcos regresan diariamente a puerto, con horario preestablecido que no supera las diez horas, manteniéndose las capturas en hielo hasta su llegada al puerto lo cual asegura una calidad de sus productos.

1.4 Reglamentación aplicable

Para el desarrollo del proyecto se van a seguir las siguientes normativas:

- Real Decreto 543/2007, de 27 de Abril, por lo que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L).
- Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y su instrucciones técnicas complementarias
- Los refrigerantes deberá cumplir con el Reglamento (CE) número 2037/2000, del Consejo, de 29 de junio, relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Se deberán tener en cuenta las prescripciones del anexo VI del Convenio Marpol (Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo 1978).
- Normativa ambiental para empresas instaladoras y de mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado. RD 795/2010
- Convenio de seguridad de la vida humana en el mar 1974 (SOLAS).

CAPÍTULO 2: PESCA DE ARRASTRE

2.1 Introducción

La pesca de arrastre, tal y como se muestra en la Figura 1, consiste fundamentalmente en una red en forma de calcetín que se remolca desde la embarcación manteniéndola abierta. De esta forma, todo lo que encuentra durante el recorrido queda atrapado en el interior de la red. Para mantener la red abierta durante la pesca, existen unas piezas metálicas, denominadas puertas, que ofreciendo resistencia al agua se mantienen separadas. Además, la parte superior de la boca de la red lleva flotadores (corcho), y la inferior va lastrada inicialmente, el arte de arrastre era remolcado por dos embarcaciones con el fin de mantener abierta la boca de la red, actualmente lo hace una sola embarcación. Se trata de un arte activo, en el sentido de que no espera ni confía en los movimientos del pez para su captura, sino que es el arte el que va en busca del pez. El arte de arrastre está en constante evolución, y existen numerosas modalidades según las especies objeto de pesca. El más extendido es el arrastre de fondo, en el que el arte opera próximo al substrato, es poco selectivo y captura los peces que viven sobre el fondo o cerca del mismo, también es bastante común el de medio fondo o pelágico, el principio es el mismo pero es bastante menos dañino que el de fondo.

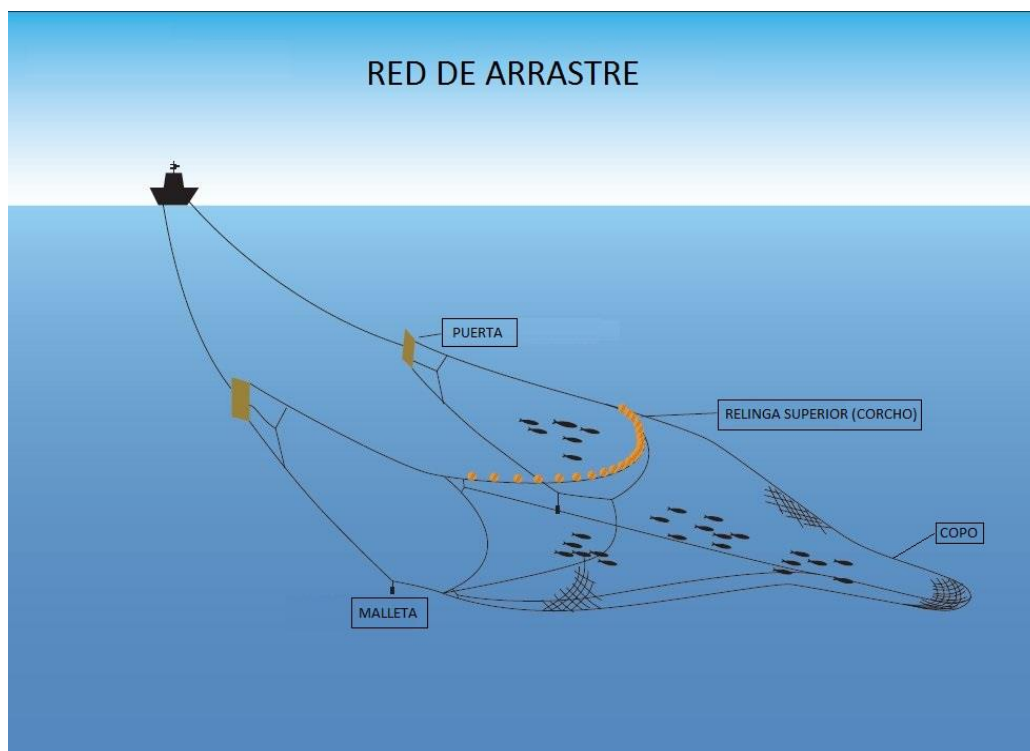


Figura 1: Red de arrastre

De los métodos o artes de pesca usados actualmente en la actividad pesquera, tanto por la flota industrial como artesanal, el arrastre de fondo es el más perjudicial para el medio oceánico.

Principalmente capturan crustáceos y peces bentónicos, es decir, que viven asociados a dicho fondo.

2.2 Clasificación de peces

Según la zona del en la que habitan:

- **Bentónicos:** viven sobre o cerca de los fondos marinos, en los que suelen enterrarse. Son pescados de carne magra o blancos de forma aplanada, como el lenguado, el gallo, el eglefino y la platija.
- **Pelágicos:** habitan en distintas capas de agua. Son buenos nadadores y realizan migraciones en bandos a través de los mares. Son especies de carne grasa o semigrasa, y pertenecen a este grupo los túnidos, las anchoas y las sardinas.

Según su contenido graso:

Los límites para esta clasificación no están bien definidos porque el contenido en grasa del pescado varía a lo largo del año y depende de muchos factores, como, por ejemplo, la actividad reproductora, que repercute directamente en su contenido graso. Así, un pescado graso se puede convertir en blanco después del desove, periodo en el que la grasa es sustituida por agua. Por ejemplo, en la sardina los porcentajes de grasa van desde 0,93 a 27,36 gramos por cada cien. La proporción de agua varía en sentido contrario al de grasa, sin ser rigurosamente proporcional.

- **Blancos:** En este grupo se encuentran: abadejo, bacalao, bacaladilla, cabrilla, faneca, gallo, halibut, lenguado, lubina, merluza, perca, pescadilla, platija, solla y raya.
- **Semigrasos:** Este grupo incluye: besugo, breca, cabracho, carpa, congrio, dorada, eglefino o liba, rape, rodaballo y trucha.
- **Azules:** distribuyen su contenido graso, que supera el 6% y suele oscilar entre el 8 y el 15%, en forma de glóbulos en el tejido muscular, sobre todo en la capa dispuesta debajo de la piel. Cabe citar entre otros: anguila, angula, arenque, atún, bonito, boquerón, caballa, jurel o chicharro, mero, palometa, pez espada, salmón, sardina y sargo

2.3 Producto a capturar

En nuestro caso el buque realizará pesca de litoral, es decir, realizará el trabajo de pesca entre el litoral y la línea de 60 millas paralela al mismo.

El 85% de capturas serán de peces Bentónicos (blancos), peces provenientes del fondo marino, aunque el 15% serán peces Pelágicos (azules y blancos), provenientes de las distintas capas de agua. A continuación se citarán algunos de los peces que se capturan.

2.3.1 Bentónicos

- **Salmonete**

El salmonete, tanto de roca como de fango, habita en las aguas del mar Mediterráneo y del océano Atlántico. El salmonete de fango, como su nombre indica, se encuentra en fondos de arena y fango, mientras que el salmonete de roca se halla en fondos de roca. Ambos se sitúan a una profundidad de hasta 120 metros. Su color varía en función de la profundidad y de la época del año, entre el marrón y el rojo. El de roca tiene una línea oscura desde el ojo hasta la cola y varias líneas amarillas que la atraviesan, mientras que el salmonete de fango es liso. Su cuerpo es alargado y algo aplanado en los laterales, talla mínima 11 cm pero puede llegar a 40 cm y puede llegar a pesar 1 kilo. El salmonete de fango es algo más pequeño que el de roca. Véase en la Figura 2:



Figura 2. Salmonete

- **Rape**

El rape blanco o rape común se distribuye a lo largo de las costas europeas y también en las de América del Norte. Habita en el fondo del océano y se arrastra por él mediante el movimiento de sus aletas pectorales para poder buscar alimento. Pertenecen a la familia de los Lófidos, orden Lofiformes. Las especies más frecuentes son el rape común o blanco y el rape rojizo. Este pescado también es conocido con el nombre de sapo o pejesapo. Su cabeza y primera mitad del cuerpo son anchas y aplanadas, mientras que su parte posterior se va estrechando progresivamente. Tiene una boca muy ancha que le ocupa gran parte de la cabeza y le confiere un aspecto singular. Talla mínima 30 cm suele alcanzar una longitud de 1,5 metros y su peso puede llegar a ser de unos 40 kilos. Véase en la Figura 3:



Figura 3. Rape

- **Besugo**

El besugo se pesca en las costas europeas atlánticas y, aunque es más raro, también se encuentran ejemplares en el Mediterráneo. Vive formando pequeños bancos de peces y a medida que aumenta su edad se localiza en lugares más profundos y arenosos. Los besugos jóvenes pueden encontrarse a unos 40 metros de profundidad. Sin embargo, los adultos pueden llegar a los 300 o incluso 700 metros. Puede consumirse todo el año aunque es en los meses de invierno cuando alcanza su máximo esplendor. El besugo pertenece a la familia de los Espáridos, dentro del orden de los Peciformes. Tienen forma ovalada, cuerpo alto y comprimido. Talla mínima 25 cm pero puede medir unos 65 centímetros de largo de media y pesa más de 6 kilos, aunque lo más frecuente es que el peso sea de unos 5 kilos y la longitud de 20 a 40 centímetros. Véase en la Figura 4:



Figura 4. Besugo

- **Raya**

La raya habita en mares fríos y templados, en concreto en el Atlántico oriental y en el mar Mediterráneo, es donde más abunda. Se encuentra a profundidades de unos 100 metros, aunque en verano hay ocasiones en que se pueden ver rayas a profundidades de 2 o 3 metros porque les gusta recibir el calor de los rayos del sol. La raya es un pescado perteneciente a la familia de los Ráyidos, orden Rajidae. Su cuerpo es plano y las aletas pectorales triangulares, muy desarrolladas y unidas a la cabeza. Es un pez cartilaginoso, que no posee esqueleto óseo. Su longitud oscila entre los 80 y 90 cm, y su peso medio es de 17 kilos.



Figura 5. Raya

2.3.2 Pelágicos

- **Jurel o Chicharro**

El jurel puede encontrarse hasta los 200 o 300 metros de profundidad en las aguas del Pacífico Sur y en las del Atlántico, así como en las del mar Negro y Mediterráneo. Habita en zonas alejadas de la costa durante los meses de otoño e invierno y cuando comienza el verano se acerca a la costa para reproducirse. El jurel, también conocido como chicharro o jurel negro, pertenece a la familia de los Carangidos, orden Perciformes. En muchas regiones se denomina chicharrón o chicharrilla en función de su tamaño. Su cuerpo es azul verdoso salvo su vientre, con tonalidades blancas o plateadas. Posee una mancha oscura en el opérculo. El jurel presenta un cuerpo alargado y comprimido con una línea lateral muy marcada. Su talla mínima es de 15 cm aunque puede llegar a alcanzar los 60 cm, aunque lo común es que su talla ronde los 40 cm y su peso suele ser de 1 kilo.



Figura 6. Jurel o Chicharro

- **Caballa o Verdel**

La caballa es muy abundante en las aguas del Océano Atlántico oriental, desde las islas Británicas hasta las costas del norte de África; así como en el Atlántico occidental, en concreto en las costas de Estados Unidos y Canadá. Es un pescado que también abunda en las aguas del mar Mediterráneo y del mar Negro. Puede encontrarse hasta los 250 metros de profundidad. Durante el invierno, la caballa permanece en el fondo del mar sin alimentarse. Cuando llegan los meses de primavera vuelve a aproximarse a la superficie. La caballa es un pescado azul conocido también con el nombre de sarda, verdel o verta. Es muy apreciado por su sabor y por la consistencia de su carne. Al igual que el atún y el bonito, la caballa pertenece a la familia de los Escómbridos. Cuerpo alargado y ligeramente comprimido cubierto de pequeñísimas escamas. Su cuerpo es azul, mientras que sus aletas y su vientre son de color gris con tonos plateados. Su dorso está cubierto de delgadas líneas negras transversales. La talla mínima de la caballa es de 18 cm pero puede llegar a medir 50 centímetros y pesar 3 kilos. Sin embargo, lo más frecuente es que su longitud esté en torno a los 30 centímetros y su peso sea de unos 250-300 gramos.



Figura 7. Caballa o Verdel

CAPÍTULO 3: REFRIGERANTES

3.1 Introducción.

En todo proceso de refrigeración la materia que se emplea como absorbente del calor (aumenta su temperatura) se llama refrigerante o agente refrigerante.

La definición establecida en el Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas es la siguiente:

- Fluido frigorígeno: fluido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema frigorífico absorbe calor a baja temperatura y presión cediéndolo a temperaturas y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar con cambios de estado del fluido.
- Fluido frigorífero (salmueras y similares): sustancia utilizada para extraer calor por aumento de su calor sensible. Los fluidos frigoríferos suelen enfriarse, es decir, ceden calor a otro fluido en los evaporadores de los equipos de frío.

3.2 Clasificación de los refrigerantes.

Tipo de refrigerante	Características	Ejemplo
Orgánico	Su composición química se basa en el carbono	Refrigerantes como los CFC, HCFC, HFC y HC
Inorgánico	Su composición química no se basa en el carbono	Amoníaco, CO ₂ , H ₂ O o SO ₂

Dentro de los orgánicos, existen los refrigerantes halogenados. La clasificación de los refrigerantes halogenados:

Tipo de refrigerante	Composición química	Características
CFC	Compuesto por átomos de cloro, flúor y carbono	Destruyen la capa de ozono y contribuyen al efecto invernadero
HCFC	Compuesto por átomos de hidrógeno, cloro, flúor y carbono	Destruyen la capa de ozono en menor medida que los CFC y también contribuyen al efecto invernadero
HFC	Compuesto por átomos de hidrógeno, flúor y carbono	No destruyen la capa de ozono pero si contribuyen al efecto invernadero
HC	Compuesto por átomos de	Son hidrocarburos como el

	hidrógeno y carbono	butano o el propano. Colaboran al efecto invernadero y tienen un alto potencial de inflamabilidad
--	---------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tanto la inflamabilidad, la explosividad y la toxicidad tienen una clasificación de los refrigerantes dependiendo de su seguridad. Esta clasificación pertenece al Instituto Nacional Americano de Normalización mediante la Sociedad Americana de Calefacción y Aire Acondicionado (ANSI/ASHRAE) [1].

- Clasificación según su inflamabilidad:

Grupo	Características	Condiciones
1	No hay propagación de llama	A 21 ⁰ C a 101 kPa (presión atmosférica)
2	Son refrigerantes con un límite bajo de inflamabilidad	Densidad de la mezcla entre oxígeno y refrigerante es superior a 0,1 kg/m ³ y el calor de combustión es de menos de 19 kJ/kg a 21 ⁰ C a 101 kPa
3	Refrigerantes con mucha facilidad para inflamarse	Densidad de la mezcla entre oxígeno y refrigerante inferiores a 0,1 kg/m ³ ya se inflama y produce un calor superior a 19 kJ/kg

- Clasificación según su toxicidad:

Grupo	Características
A	No se han demostrado características de toxicidad en concentraciones inferiores a 400 ppm, es decir, no hay efectos.
B	Se han demostrado características de toxicidad en concentraciones inferiores a 400 ppm.

Gracias al estándar [1] todos los refrigerantes están clasificados de forma internacionalmente reconocida:

Refrigerante	Composición	Clasificación de seguridad
R-717 (Amoniaco)	NH ₃	B2
R-170 (Etano)	CH ₃ CH ₃	A3
R-290 (Propano)	CH ₃ CH ₂ CH ₃	A3
R-11	CCl ₃ F	A1
R-22	CHClF ₂	A1
R-123	CHCl ₂ CF ₃	B1
R-143A	CH ₃ CF ₃	A2
R-134A	CH ₂ FCF ₃	A1
R-507A	R-125(50%) R-143a (50%)	A1
R-404A	R-125(44%) R-143a (52%) R134a (4%)	A1
R-407C	R-32(23%) R-125(25%) R-134a (52%)	A1
R-410A	R-32(50%) R-125(50%)	A1

Efecto sobre la capa de ozono, ODP (Ozone Depletion Potential), es el coeficiente por el que se mide la capacidad destructiva de un fluido refrigerante frente a la capa de ozono. Se mide utilizando como medida patrón la unidad atribuida al R-11 ya que es el más destructivo para la capa de ozono al poseer 3 átomos de cloro en su molécula.

Ya sabemos que según los científicos, el cloro de los refrigerantes clorados o CFCs, liberado a la estratosfera destruye la capa de ozono, formada por moléculas de tres átomos de oxígeno, (O₃).

Cuando un átomo de cloro “choca” con el ozono, (O₃), separa un átomo de oxígeno, convirtiéndose así en oxígeno, O₂ y un átomo de oxígeno libre provoca así el agujero en la capa de ozono.

Por tanto los refrigerantes exentos de cloro en su composición tienen por tanto un ODP igual a cero.

Refrigerante	ODP	Refrigerante	ODP
R-134a	0	R-402B	0,03
R-22	0,055	R-407C	0
R-404A	0	R-407B	0
R-507	0	R-410A	0

R-227	0	R-403A	0,028
R-23	0	R-403B	0,037
R-401A	0,03	R-290	0
R-401B	0,04	R-717	0
R-402A	0,02	R-11	1

3.3 Selección del refrigerante.

No existe un refrigerante ideal para todas las instalaciones, sino que para cada instalación hay el refrigerante más adecuado.

Los refrigerantes deberán cumplir con el Reglamento (CE) número 2037/2000, del Consejo, de 29 de junio, relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Se deberán tener en cuenta las prescripciones del anexo VI del Convenio Marpol (Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo 1978) en lo referente a los refrigerantes permitidos a partir de la fecha de entrada en vigor del citado refrigeración serán los que la autoridad competente juzgue aceptables. En ningún caso, no obstante, se utilizarán como refrigerantes el cloruro de metilo o los CFC.

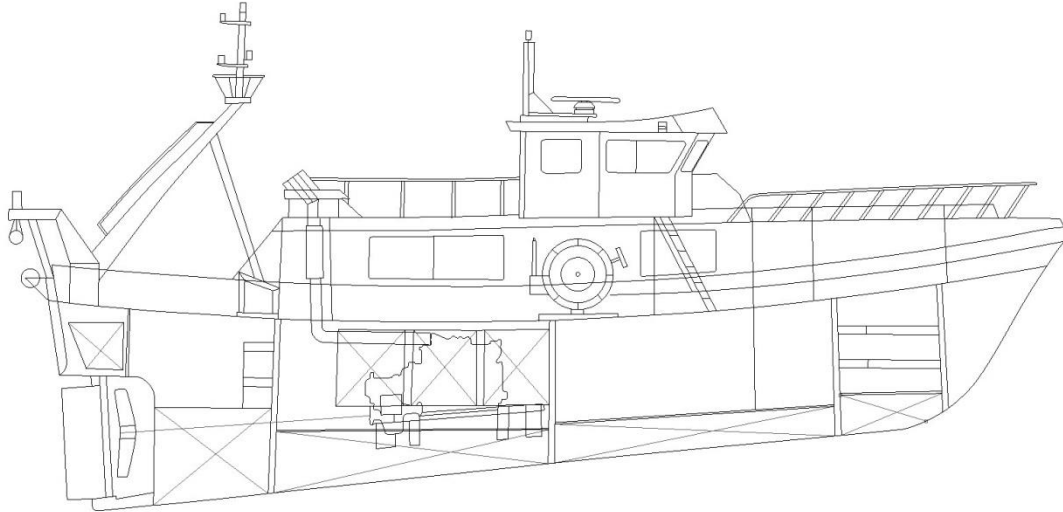
La retirada del refrigerante R-22, cuyo uso ya está prohibido en nuevos equipos desde enero de 2010 y desaparecerá de manera absoluta de cara a 2014, supone un nuevo reto que obliga a presentar soluciones inmediatas para los propietarios de unidades de refrigeración con R-22 que pudieran tener que afrontar una posible avería por pérdida de refrigerante.

El R-404A se presenta como sustituto al R-22 o al R-502. Está indicado para ser usado en aplicaciones de baja y media temperatura. Para las temperaturas de evaporación de entre -1°C y 10°C la capacidad refrigerante es similar a la del R-22 para este rango. No obstante el mismo fabricante indica que el consumo energético también es mayor con este refrigerante para bajas temperaturas (-12°C en adelante). Además tiene un potencial de agotamiento del ozono (ODP) de cero y se clasifica como un refrigerante A1, lo que significa que no es ni inflamable ni tóxico.

Al igual que el R-22 puede llegar a ser mortal al ser inhalado en grandes concentraciones. No tiene componentes cancerígenos.

CAPÍTULO 4: INSTALACIÓN DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA

4.1 Características generales del buque



Datos del barco	
Nombre del buque	“PEPA ALONSO”
Constructor	“NUEVAS TECNOLOGÍAS NAVALES” (Águilas)
Eslora entre perpendiculares	19
Manga de trazado (fuera de forros)	6,03
Puntal de construcción	2,82
Material del casco	PRFV

El barco es un pesquero de poliéster arrastrero por popa tipo “Al fresco”, es decir, no congela y regresa al puerto al día o a los pocos días. Dispone de una proa lanzada sin bulbo. La zona del barco reservada para las bodegas estará situada en el centro proa del barco. La cámara de máquinas se dispondrá a popa. El barco estará propulsado por un motor diésel, que irá acoplado a una hélice. Este barco estará clasificado según el “SOLAS” [2] en el Grupo IV: buques pesqueros, Clase R.

La bodega sobre la que se va realizar la instalación de la cámara frigorífica se encuentra en la zona central del barco, inmediatamente después de la cámara de máquinas, la cual está situada a popa del mismo, y tiene un volumen de 45 m³. He realizado un desarrollo de la bodega, como se pueden observar en la Figura, gracias a los planos del barco y a la toma de medidas del mismo, a través del programa de diseño “RHINOCEROS”.

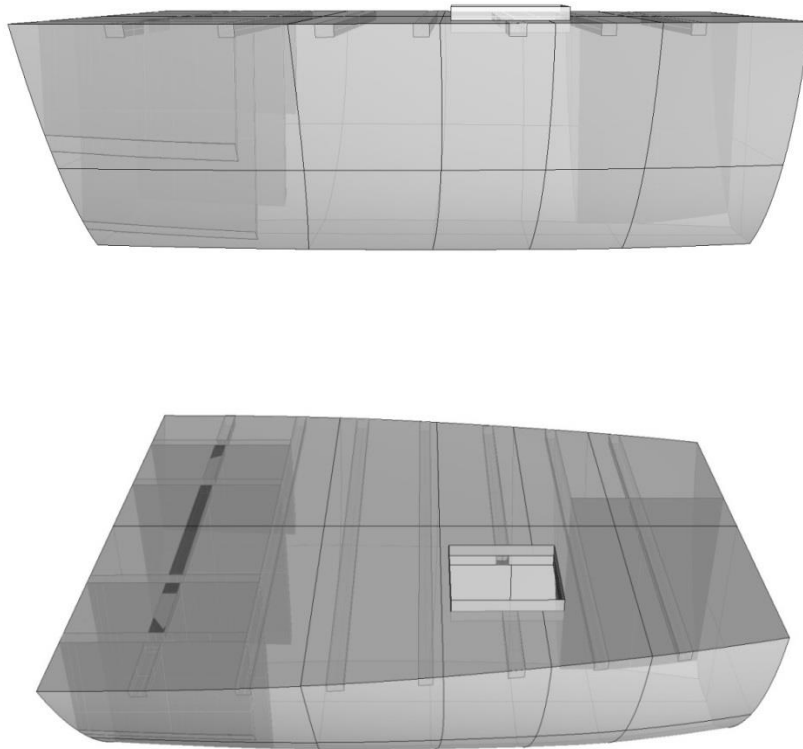


Figura 8: Desarrollo de la bodega

Con las medidas estándar de las cajas de pesca, cogidas de la página web “www.inkapaletsbarcelona.blogspot.es”, se desarrolla su diseño con el programa RHINOCEROS, véase en la Figura 9.

Características caja de pescado	
Medidas	600x400x125 mm
Color	Azul
Peso	1.450 Kg
Capacidad	15 Kg
Material	Polietileno de Alta Densidad (PEAD/HDPE)

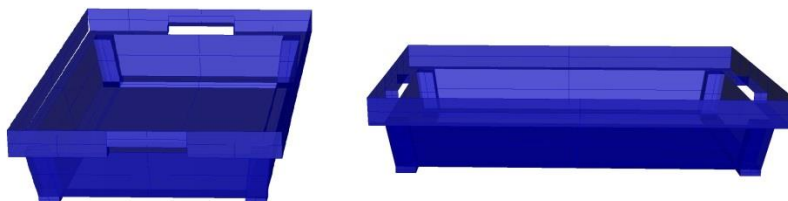


Figura 9: Cajas de pescado

Una vez se diseñan las cajas de pesca se introducen en la bodega, quedando distribuida de la manera que se pueden observar en la Figura 8 y Figura 9:

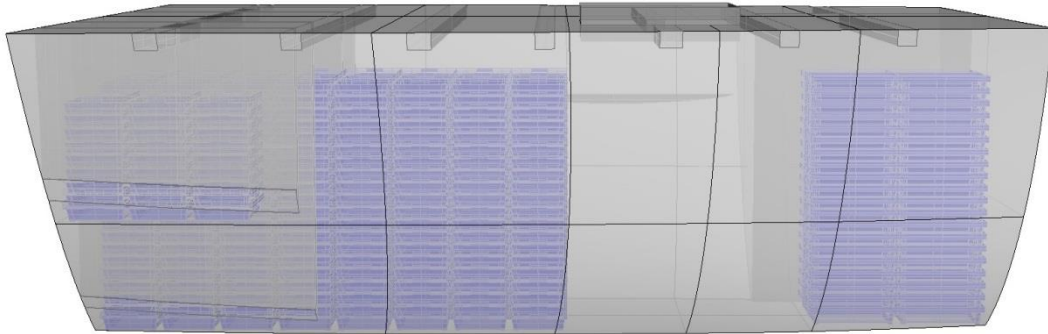


Figura 10: Perfil de la bodega

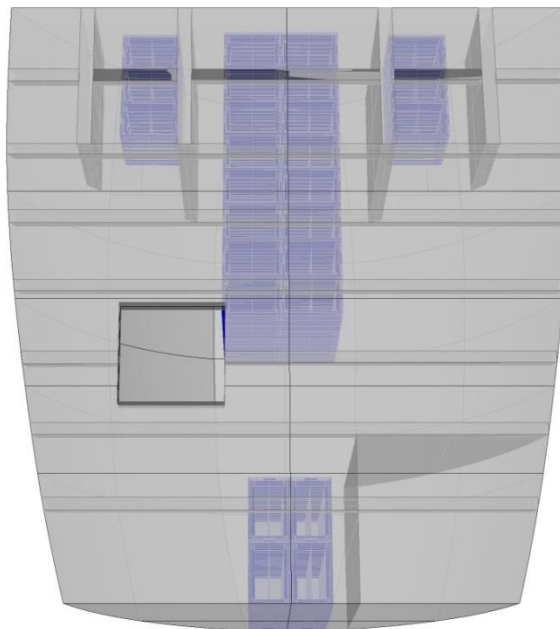


Figura 11: Planta de la bodega

4.2 Equipo de refrigeración

La producción de frío mediante sistemas mecánicos está basada en leyes físicas que regulan la evaporación y la condensación de un fluido.

En la Figura 12, se representan los órganos principales de un equipo de refrigeración, que son:

1. Evaporador
2. Compresor
3. Condensador

4. Válvula de expansión termostática

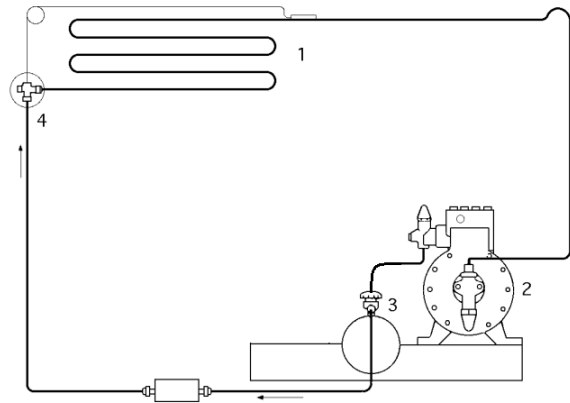


Figura 12: Órganos principales de un equipo de refrigeración

Las operaciones relativas a este ciclo se pueden resumir en:

- Expansión adiabática con enfriamiento del fluido.
- Absorción del calor a baja temperatura, isotérmica.
- Compresión adiabática con calentamiento del fluido.
- Cesión del calor a alta temperatura, isotérmica.

Como se puede observar en el siguiente diagrama p-v de la Figura 13:

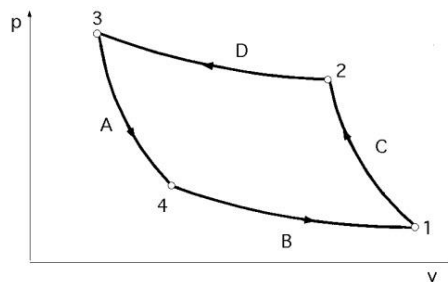


Figura 13: diagrama p-v

CAPÍTULO 5: REPRESENTACIÓN DEL CICLO

Se ha utilizado el programa DUPREX 4.0, facilitado por la casa DUPONT, para la obtención del diagrama de nuestra instalación frigorífica y de algunos de los parámetros que se necesitan para la selección de los componentes de la misma, parámetros como:

- **Temperatura de evaporación:** sabiendo que la temperatura requerida en la bodega es de 0°C y que con el fin de alcanzar esa temperatura tiene que haber una diferencia de temperatura (ΔT), entre -5°C y -10°C . Finalmente la temperatura de evaporación vendrá determinada por la selección del evaporador y será de -8°C .
- **Temperatura de condensación:** se establece que tiene que tener un margen de entre $8\div 10^{\circ}\text{C}$ superior al ΔT , que en este caso es de 36°C , por lo que la temperatura de condensación se orientará entorno a los 45°C .
- **Subenfriamiento y sobrecalentamiento:** el subenfriamiento, se toma unos 5°C , el recalentamiento puede variar entre 5 y 25° , incluyendo ambos recalentamientos, útil y no útil, dependiendo de la selección del compresor, realizada en el capítulo 7.
- **Refrigerante:** seleccionado anteriormente en el capítulo 3, R-404A
- **Capacidad frigorífica:** calculada en el capítulo 6, en el apartado de carga térmica de la instalación frigorífica, será igual a $11,98$ kW.

El programa mostrará los resultados de la instalación, que se pueden observar en la Figura 14:

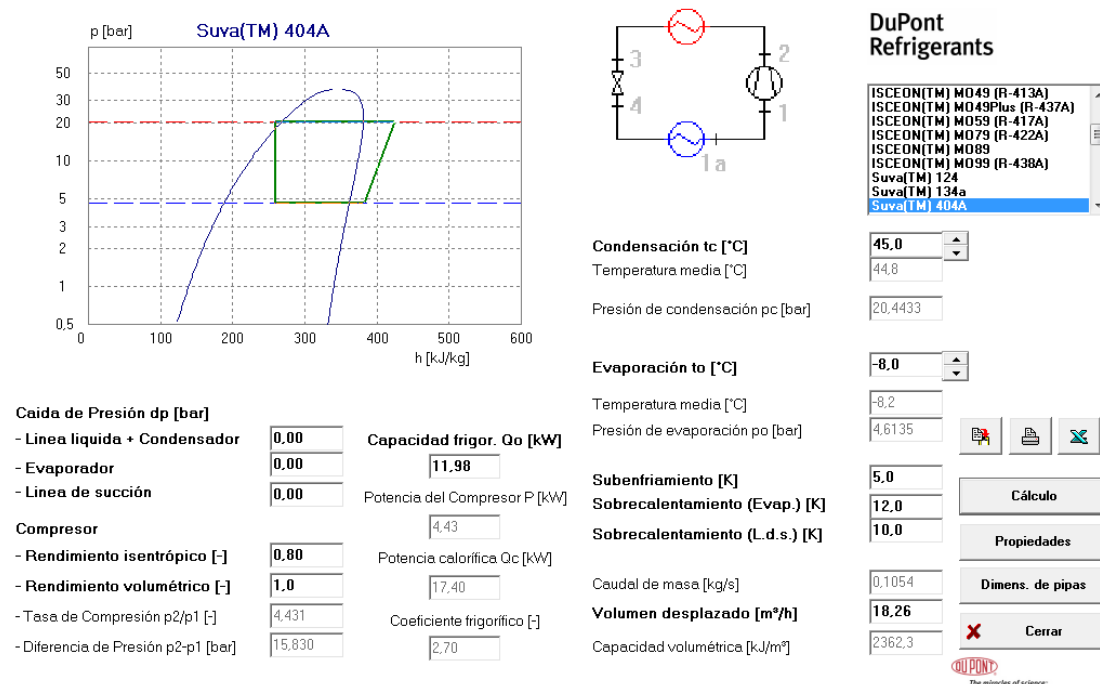


Figura 14: Representación del ciclo

También dará los resultados termodinámicos de dicho ciclo, que se pueden observar en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1: Propiedades del ciclo

Propiedades de ciclo						
	t [$^{\circ}$ C]	p [bar]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg]	v [dm ³ /kg]	x
1a	4,00	4,6135	373,04	1,6536	45,7120	
1	14,00	4,6135	382,39	1,6867	48,1118	
2	77,76	20,4433	424,43	1,7109	11,4675	
3	39,69	20,4433	259,38	1,1980	1,0299	
4	-8,32	4,6135	259,38	1,2254	17,9940	41,0
1-2			42,03			
1-2s			33,63			

CAPÍTULO 6: BALANCE TÉRMICO EN LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

6.1 Cálculo de la carga térmica de la instalación frigorífica.

6.1.1 Carga térmica debida a las pérdidas por transmisión por paredes, techo y suelo.

En la siguiente Figura 15, se muestran las diferentes superficies en las que se despieza la bodega:

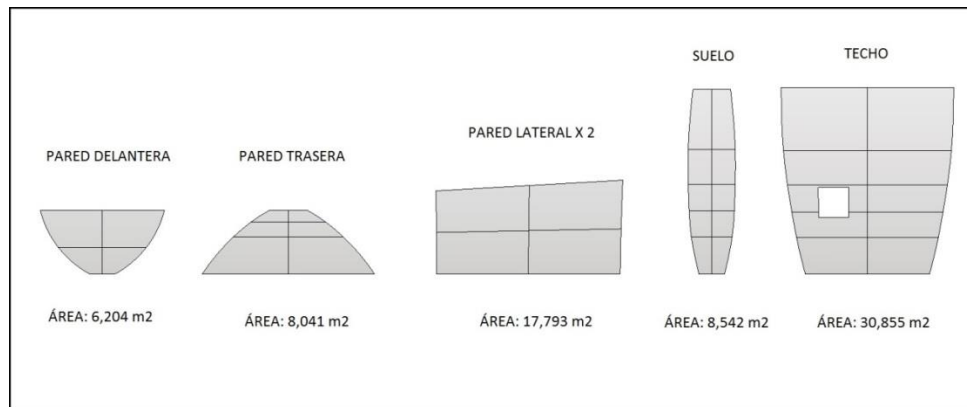


Figura 15: Superficies de la bodega

Cuya superficie total será:

Superficie (m ²)	89,228
------------------------------	--------

Con la fórmula de la carga térmica debida a las pérdidas por transmisión de superficies, del libro La producción de frío, E. Torrella, Servicio de Publicaciones, UPV (2000) [3]:

$$Q_1 = \varphi \cdot S \quad (1)$$

- φ : flujo de calor (W/m²) o (kcal/m²)
- S: superficie (m²)

Por medio de la Tabla 2 [3], se estimará el flujo de calor de las paredes:

Tabla 2-Flujos de calor que conducen a un espesor óptimo en cerramientos.

FUENTE CONSULTADA	φ paredes (W/m ²)		φ suelo (W/m ²)
	TEMPERATURA (-10 ⁰ C/+10 ⁰ C)	TEMPERATURA (-20 ⁰ C/-30 ⁰ C)	
G.Giacchetta	11 ÷ 14	9,3 ÷ 10,5	8,1
A.Gac	8 ÷ 12	6 ÷ 9,5	

La temperatura estará entre -10°C y $+10^{\circ}\text{C}$.

A.Gac	$8 \div 12 \text{ W/m}^2$
-------	---------------------------

Donde escojo $q = 9.3 \text{ W/m}^2$ (para cámaras de refrigeración) ¹. Con lo que se obtendrá un valor:

Q_1 (día)	829,82W
-------------	---------

Se puede determinar la carga térmica por transmisión de superficies, seleccionando el material aislante a utilizar y el rango de temperatura de la cámara en la Tabla 3 [3], obteniendo así el espesor de material aislante que requerirá la cámara.

Tabla 3-Espesor en cm del aislamiento de una cámara frigorífica en función del tipo de material aislante y de la temperatura interior

Temperatura de la cámara ($^{\circ}\text{C}$)	Poliestireno expandido	Poliuretano	Corcho expandido
	$\rho(\text{kg/cm}^2)$	$\rho(\text{kg/cm}^2)$	$\rho(\text{kg/cm}^2)$
	26-30	35-40	80-100
Espesor en cm			
3 a 6	8	6	10
-5 a +3	12	10	14
-15 a -5	15	12	20
-20 a -15	18	14	22
-30 a -20	20	16	25
otras	25	20	30

Espesor de aislante (m)	0,10
-------------------------	------

Sabiendo el espesor de aislamiento y la diferencia de temperatura entre el ambiente y la cámara, por medio de la Tabla 4 [3], se obtiene el parámetro del flujo de calor, con el que finalmente se consigue otro valor de la carga térmica debida a las pérdidas por transmisión de superficies, Q_1 .

Tabla 4-Cálculo rápido del calor transmitido en (Kcal/m²/24h) POLIURETANO EXPANDIDO

Espesor Aislamiento (cm)	Diferencia de temperatura entre el ambiente y la cámara (Kcal/m ² día)							
	10	15	20	25	30	35	40	45
6	76	112,5	152	190	228	266	304	342
8	65	97,5	130	162,5	195	227,5	260	292,5
10	54	81	108	135	162	189	216	243
12	44	66	88	112,5	132	156,5	176	198
15	36	54	72	90	108	126	144	162
18	30	45	60	75	90	105	120	135

Q ₁ (día)	840,60 W
----------------------	----------

Se escogerá este último valor para el cálculo de la carga térmica total, ya que será el más desfavorable.

6.1.2 Carga térmica debida a las necesidades por renovación de aire.

No hay renovación de aire, ya que la cámara permanece la mayor parte del tiempo cerrada y solo se abre dos o tres veces para llenarse o vaciarse, por esta razón se incluye en el término de mayoraciones

6.1.3 Carga térmica debida a las pérdidas por refrigeración del producto y su envase.

$$Q_3 = m \cdot C_p \cdot (t_i - t_r) \quad (2)$$

- m: capacidad de la caja de pesca (Kg) · número de cajas
- C_p: calor específico del pescado/envases (Kcal/Kg^oC)
- t_i: temperatura del pescado/envases (°C)
- t_r: temperatura de la bodega (°C)

a) Pescado:

Número de cajas	454
Capacidad caja de pesca	15 Kg
Calor específico pescado	0,84 Kcal/Kg ^o C
Temperatura de la bodega	0 ^o C
Temperatura pescado	15 ^o C
Q producto	4158,02 W

b) Envases:

Número de cajas	454
Peso de la caja	1,450 Kg
Calor específico pescado	0,6 Kcal/Kg ⁰ C
Temperatura de la bodega	0 ⁰ C
Temperatura cajas	20 ⁰ C
Q envases	283,02 W

Q ₃ (día)	4441,03W
----------------------	----------

6.1.4 Carga térmica debida a las necesidades de conservación de los productos.

El producto que se está tratando no respira, ya que estará muerto, por tanto no tendremos esta carga térmica.

6.1.5 Carga térmica debida al calor desprendido por los ventiladores, iluminación y personal del recinto frigorífico.

$$Q_5 = 0.08 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \quad (3)$$

Q ₅ (día)	422,53 W
----------------------	----------

6.1.6 Carga térmica debida a las necesidades por pérdidas diversas.

$$Q_6 = 0.05 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) \quad (4)$$

Q ₆ (día)	285,21W
----------------------	---------

6.1.7 Carga total.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (5)$$

Q total (día)	5,99 kW
Q total (12 horas)	11,98 kW

6.2 Cálculo del aislamiento térmico del recinto.

El barco del proyecto está construido de PRFV, Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio, es el compuesto con el que se construyen o están construidas la mayoría de las embarcaciones de Recreo, (más del 95% de las actuales), muchas de pesca y salvamento náutico y algunas militares.

El PRFV es un compuesto de varios materiales (principalmente de fibras de vidrio y resina) dispuestos en capas alternas, que se endurece hasta formar un laminado sólido. Si se monta correctamente, el laminado puede ser a la misma vez fuerte y rígido, así como tener buena resistencia a la fatiga y a los efectos del agua.

Se sabe que el espesor del barco es:

Espesor del forro (m)	0,017
Espesor de la quilla (m)	0,24

Se realizará un estudio de los posibles materiales aislantes térmicos utilizados en embarcaciones de pesca, con el fin de seleccionar el mejor para este caso.

6.2.1 Aislamiento de la bodega.

La función de los materiales termoaislantes utilizados en las pequeñas embarcaciones de pesca es reducir la transmisión de calor a través de las paredes, escotillas, tuberías o candeleros de las bodegas de pescado hasta el lugar en el que se almacena hielo o pescado enfriado. Al reducir la cantidad de calor infiltrado, puede reducirse la cantidad de hielo que se funde y aumentar así la eficacia de la conservación en hielo. El aislante de las paredes de la bodega puede reducir la cantidad de calor que penetra en el mismo, consiguiendo así que el contenido se mantenga frío.

Ya que el espacio de la bodega es frecuentemente un bien preciado en las pequeñas embarcaciones y que los costos de su aislamiento pueden constituir una proporción significativa de los costos que conlleva su construcción, la elección de material aislante puede ser muy importante.

Los diversos materiales aislantes disponibles en el mercado para las embarcaciones de pesca, son pocos los que resultan completamente satisfactorios para esta finalidad. Los problemas principales son la falta de resistencia mecánica suficiente y la absorción de humedad. Este último es un problema particularmente significativo en embarcaciones de pesca que utilizan la fusión del hielo como medio de enfriamiento. Los materiales termoaislantes basan sus propiedades en la retención de burbujas o bolsas de gas en el seno de una estructura espumosa. Si estas células de gas se llenan de humedad, se reduce significativamente su capacidad aislante.

Existen muy diversos materiales termoaislantes, pero pocos se ajustan a las necesidades constructivas de las bodegas de pescado modernas. La selección del material aislante deberá basarse en su costo inicial, su eficacia, su durabilidad, su adaptabilidad a la forma de la bodega de pescado y los métodos de instalación disponibles en cada lugar. Desde un punto de vista económico, puede ser preferible elegir un material aislante con una conductividad térmica baja que aumentar el espesor del aislamiento de las paredes de la bodega. Al reducir la conductividad térmica, se necesitará menos aislante para una determinada capacidad de conservación del frío y se dispondrá de un mayor volumen utilizable en la bodega de pescado. A continuación, en la Tabla 5 [3], se puede ver valores de conductividad térmica para diferentes materiales aislantes:

Tabla 5-Valores de conductividad térmica para diferentes materiales aislantes

MATERIAL AISLANTE	K_a (W/m ⁰ C)
Poliestireno expandido	0,027÷0,035
Poliestireno extruido	0,0288
Fibra de vidrio y poliestireno globular	0,0361
Corcho	0,033÷0,042
Poliuretano expandido	0,019÷0,026

El material aislante deberá ser resistente al agua, a los disolventes y a las sustancias químicas. También ser duradero y no perder su eficacia aislante rápidamente. Tendrá que permitir el uso de una amplia gama de adhesivos para su instalación. Su instalación y su manipulación deberán de ser los más fáciles posibles, a la vez que económico, tanto en términos de la inversión inicial como en su rentabilidad a largo plazo.

Por todo ello el material aislante elegido para la bodega es el poliuretano expandido, cuyas propiedades son:

- Su duración es de carácter indefinida, es decir, no requerirá mantenimiento.
- Dificulta la formación de hongos y bacterias.
- Posee un excelente nivel de adherencia sin necesidad de utilizar adhesivos.
- Su coeficiente de conductividad térmica es una de los más bajos, lo cual permite utilizar menores espesores para el aislamiento.
- Posee una alta resistencia a la absorción del agua.
- Tiene muy buena estabilidad dimensional en rangos de temperatura que oscilan entre -200⁰C y 100⁰C.
- Posee buena resistencia a ataques de agentes externos como por ejemplo, los hidrocarburos.

- Su instalación es relativamente fácil y económica.
- Poca resistencia mecánica.

Al ser proyectado como espuma de poliuretano hacen que el material sea difícilmente inflamable y a su vez autoestinguible, cumpliendo así con el Convenio de Seguridad de la vida humana en el mar 1974 [2], así como con los reglamentos de sociedades de clasificación.

6.2.2 Cálculo de espesores.

- Método 1:

A través de la fórmula sacada del libro Ingeniería del frío: teoría y práctica, María Teresa Sánchez y pineda de las infantas, ed. AMV Ediciones, Mudi-Prensa Libros, S.A. (2000) [4] :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i} \quad (6)$$

Donde U, que es el coeficiente global de transmisión de calor, que se obtendrá de la fórmula 2:

$$Q_1 = U \cdot S \cdot \Delta t \quad (7)$$

Conociendo los valores de Q_1 , S y Δt , se despeja U, obteniendo:

U	0,262 W/m ² °C
---	---------------------------

α_e y α_i serán los coeficientes globales de transmisión de calor por convección, en la cara interna e interna, respectivamente, del cerramiento. Cuyos valores rondarán:

α_e	22÷29 W/m ² °C
α_i	7÷9 W/m ² °C

Como se utiliza una estructura tipo sándwich, método en el que se utiliza espuma de poliestireno expandida junto con un revestimiento de PRFV, que consiste en proteger el aislante con láminas de contrachapado con una capa de PRFV de al menos 4 mm de espesor, véase en la Figura 16.

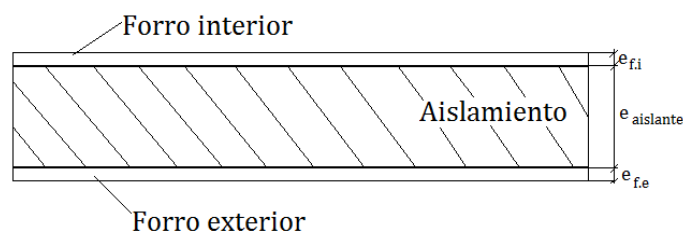


Figura 16: Aislamiento

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{e_{f,e}}{\lambda_{f,e}} + \frac{e_a}{\lambda_a} + \frac{e_{f,i}}{\lambda_{f,i}} + \frac{1}{\alpha_i} \quad (6)$$

Poliuretano expandido λ	0,026 (W/m ⁰ C)
PRFV λ	0,6 (W/m ⁰ C)

Por tanto se saca de la fórmula el valor del espesor del forro exterior que da:

Espesor de forro (m)	0,017
----------------------	-------

Justo es el espesor que tiene el barco, esto quiere decir que los cálculos están bien realizados.

- Método 2:

$$Q_1 = \varphi \cdot S \quad (1)$$

Donde se realizará el cálculo de Q_1 para cada superficie del barco, determinando el valor de la temperatura según la orientación que tenga cada una, pero como el barco esta en continuo movimiento y no tiene una orientación definida se cogerá:

Temperatura sin distinción de orientación	36 ⁰ C
-------------------------------------------	-------------------

Como ya se ha mencionado anteriormente, para una perfecta conservación del pescado en la bodega se tendrá una temperatura:

Temperatura de la bodega	0 ⁰ C
--------------------------	------------------

Con los datos:

U	0,258 W/m ² °C
Ae	22÷29 W/m ² °C
Ai	7÷9 W/m ² °C
Poliuretano expandido λ	0,026 (W/m ⁰ C)
PRFV λ	0,6 (W/m ⁰ C)
Espesor de forro (m)	0,017

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{e_{f,e}}{\lambda_{f,e}} + \frac{e_a}{\lambda_a} + \frac{e_{f,i}}{\lambda_{f,i}} + \frac{1}{\alpha_i} \quad (6)$$

Por lo que:

Espesor de aislante (A.Gac)	0,10 m
-----------------------------	--------

Da el mismo resultado que el obtenido anteriormente de la Tabla 3 [3] por lo que los cálculos serán correctos.

CAPÍTULO 7: SELECCIÓN DE EQUIPOS

7.1 Evaporador.

El evaporador en una instalación frigorífica está ubicado entre la válvula de expansión termostática y la tubería de aspiración del compresor. Su misión es la de absorber calor del recinto a refrigerar y transmitir ese calor al fluido refrigerante, lo que se consigue de la forma siguiente: el fluido proveniente de la válvula de expansión entra al evaporador a la temperatura de ebullición, absorbe calor a través de las paredes del evaporador, por lo que se evapora la fracción líquida. Es común en las instalaciones actuales que se sobrecaliente a partir de 10°C el vapor saturado seco para asegurarse de que al compresor le llegue sólo gas. El evaporador recibe el refrigerante en parte líquido y en parte gaseoso. Aquí se evapora el refrigerante debido al calor absorbido del aire o agua que por él circula.

Características que debe reunir un evaporador

- La mayor parte de la superficie del evaporador debe estar en contacto con vapor saturado húmedo y, si es posible, con líquido refrigerante en ebullición, mejorando así el coeficiente de transmisión de calor.
- La vaporización del fluido debe hacerse preferentemente por ebullición, condición que ratifica lo anterior.
- El vapor debe salir saturado seco hacia el compresor. En caso negativo se colocará un separador de líquido.
- El fluido circulará por el evaporador produciendo una pérdida de carga mínima, pero con velocidad suficiente para originar una buena transmisión de calor.
- En su seno deben separarse del fluido frigorígeno todas las impurezas, incluso el aceite de los oleosolubles.
- Debe presentar estanqueidad y solidez respecto al refrigerante utilizado.
- Su construcción debe ser sencilla, simple ejecución y de modo de operación, siendo su precio bajo.
- Debe ser resistente a la corrosión.
- Tiene que ser de fácil limpieza y, en su caso de desescarche; acceso fácil para la inspección.

Métodos de desescarche:

- **Desescarche con agua:** Primero se cierra una válvula que está situada en la línea de líquido y el compresor aspira el refrigerante hasta sacarlo completamente del evaporador. A continuación, se para el compresor, y se para también el ventilador o ventiladores del evaporador, para evitar que el agua se pueda proyectar al interior del frigorífico.

Seguidamente, se pone en marcha el rociador de agua, que se aplica con duchas que se colocan en la parte superior del evaporador. Se tiene en marcha este sistema durante algunos minutos hasta que la escarcha se ha descongelado y se le ha permitido drenar completamente el agua formada.

- **Desescarche eléctrico:** Se procede como en el caso anterior, cerrando la línea de líquido y se para el compresor cuando se haya extraído todo el refrigerante del evaporador. Luego se conecta la resistencia y el calentamiento elimina la escarcha. Luego se pone de nuevo todo el sistema en marcha. Este proceso se puede realizar de forma manual ó automática utilizando un programador.
- **Desescarche con gas caliente:** Se utiliza un tramo de tubería que se conoce como by-pass, que conduce el fluido frigorígeno gas desde la línea redescarga hacia el evaporador. Cuando se abre la válvula de esta línea by-pass, el gas caliente se introduce en el evaporador provocando que se funda el hielo, y de esta manera el desescarche. El inconveniente es que el gas caliente se condensa y pasa a la forma líquida en el evaporador, se tiene el peligro de que el refrigerante líquido pueda retornar al compresor a través de la tubería de aspiración y dañar de este modo el compresor. Este problema se puede resolver utilizando un segundo evaporador, conocido como re-evaporador, que es conectado por medio de una válvula cuando se produce el desescarche.

7.1.1 Clasificación de evaporadores.

Son varios los tipos de evaporadores existentes en el mercado:

Clasificación	Tipo
Según el método de alimentación del líquido	Inundado
	Semi inundado
	Dry-ex o seco
Según su construcción	De tubos lisos
	De placas
	De tubos con aletas
Según la circulación del aire	Convección natural
	Convección forzada
Según el sistema de desescarche	Por aire
	Por agua
	Por resistencias eléctricas
	Por gas caliente

Dentro de esta clasificación cabe destacar:

- **Evaporador de expansión seca:** la alimentación del fluido frigorígeno se realiza mediante un dispositivo de expansión de forma que el líquido se evapora. Sugiere un proceso sin líquido, lo cual es imposible. Lo que realmente significa es que los gases en la parte final del evaporador están secos (o casi libres de gotas de líquido). Este tipo de evaporadores a pesar de tener peores rendimientos que los de tipo inundado, son mucho más baratos y más simples en su diseño. Presentan menos problemas de recirculación y requieren menos carga de refrigerante, son los más utilizados en instalaciones frigoríficas. Véase en la Figura 17:

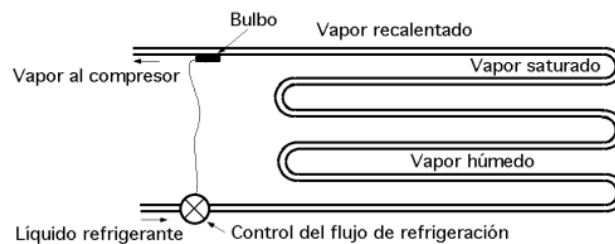


Figura 17: Evaporador de expansión seca

- **Evaporador inundado:** su interior se encuentra completamente lleno de fluido frigorígeno líquido, regulándose la alimentación del mismo mediante una válvula de flotador, que mantiene constante el nivel de líquido en el evaporador. Como se aprecia en la Figura, el fluido frigorígeno líquido llena completamente el evaporador inundado asegurando la válvula de laminación del flotador el nivel del líquido suficiente para ello.

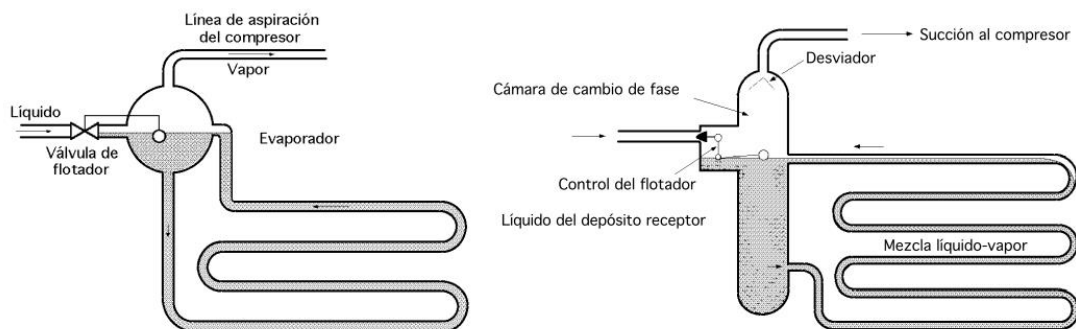


Figura 18: Evaporador inundado

7.1.1 Selección del evaporador.

Para la elección del tipo de evaporador se tendrá en cuenta las condiciones en las que trabajará la instalación

:

Temperatura del evaporador	-10 °C
Temperatura de la bodega	0 °C
DT	10
Q	11,98 kW

Con estos datos y mediante el programa FRIMETALKSELECT2015, se selecciona el evaporador más adecuado, véase en la Figura 19.

Serie	Modelo	Capacidad	Aprox.	Superficie (m ²)	Sep. Aletas (mm)	Caudal (m ³ /h)	n ^o ventiladores	Diámetro (mm)	Tipo corriente
ECM	530	10.450	87,23%	46,5	4,2	5.080	4	300	230V/1 50/60Hz
FRM	575	11.325	94,53%	67,8	4,2	4.100	3	300	230V/1 50/60Hz
ECM	585	11.720	97,83%	39,8	4,2	8.040	2	400	230V/1 50/60Hz
FRM	590	12.200	101,84%	52,1	4,2	6.700	2	400	230V/1 50/60Hz
ECM	830	14.040	117,20%	53,1	4,2	7.640	2	400	230V/1 50/60Hz
FRM	850	14.625	122,08%	64,0	4,2	6.750	1	500	400V/3 50/60Hz
FRM	840	15.625	130,43%	78,1	4,2	6.200	2	400	230V/1 50/60Hz
FRM	950	17.000	141,90%	85,0	4,2	6.260	1	500	400V/3 50/60Hz

Figura 19: Selección del evaporador

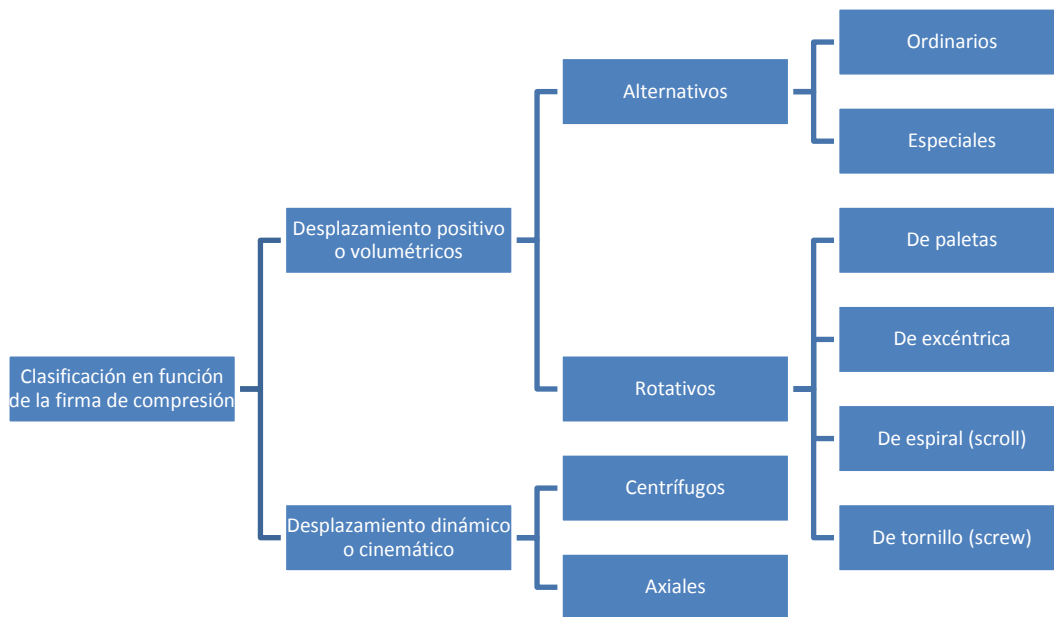
Aunque se hubiera estimado una temperatura del evaporador de -10°C , la selección del mismo nos hace determinar que la temperatura del evaporador será de -8°C

El programa nos selecciona un evaporador de expansión seca de convección forzada. Los datos técnicos del evaporador seleccionado se encuentran en el **Anexo evaporador**.

7.2 Compresor.

El compresor es un elemento activo del circuito de refrigeración. Cumple dos funciones: reducir la presión en el evaporador hasta que el líquido refrigerante evapora a la temperatura fijada, y se mantiene esta presión retirando los vapores y elevando la temperatura del medio condensado. Por tanto, el trabajo del compresor consiste en aspirar los vapores del fluido refrigerante, comprimirlos y descargarlos en el condensador.

7.1.1 Clasificación en función de la forma de compresión.



- Compresores de desplazamiento positivo o volumétrico: Aumentan la presión del vapor de refrigerante reduciendo el volumen interno de una cámara, consumiendo para ello un trabajo mecánico.
- Compresores de desplazamiento cinemático o dinámicos: Aumentan la presión convirtiendo presión dinámica en presión estática. Primero se acelera el fluido y posteriormente se frena.

Los tipos de compresores más utilizados en refrigeración son:

- Alternativos.
- Rotativos.
- Centrífugos.

En los dos primeros el fluido refrigerante es sometido a una verdadera compresión mecánica a través de elementos que realizan una compresión con una reducción volumétrica. Los compresores de este tipo reducen el volumen de gas, provocando que la presión de éste aumente.

Los compresores de desplazamiento dinámico centrífugos son máquinas de mayor tamaño y de escasa aplicación, por tanto quedan descartados.

7.1.2 Clasificación de los compresores según su construcción.

- **Abiertos:** es el más antiguo. Destacan por sus grandes dimensiones y su bajo número de revoluciones en funcionamiento. Como ventaja, el motor eléctrico está separado del

circuito frigorífico, pudiendo utilizar cualquier tipo de motor eléctrico. Su principal desventaja son las fugas de refrigerante, que son prácticamente inevitables.

- **Herméticos:** son utilizados en refrigeradores domésticos y equipos de tipo comercial, pues son de dimensiones reducidas y poco ruidosos. La característica principal radica en que el compresor y el motor van herméticamente cerrados en una carcasa de acero, por lo que no hace falta un cerramiento mecánico como en los compresores abiertos. Pueden funcionar a un número alto de revoluciones y como consecuencia de ellos tendrán unos cilindros de menores dimensiones. Están limitados respecto a temperatura y presión de trabajo, y su aplicación se limita a equipos a equipos de baja potencia. Otra desventaja es que no pueden ser reparados, debido a que están cerrados.
- **Semiherméticos:** son compresores de gran tamaño que disponen de una bomba acoplada a su eje, estos se pueden reparar, a diferencia de los compresores herméticos, son más robustos, no se garantiza su estanqueidad total, por lo que existe riesgo de fugas.

Se pueden ver los tres tipos en la Figura 20:

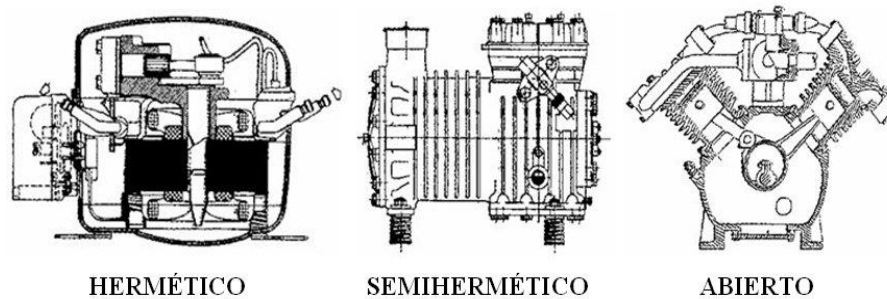


Figura 20: Tipos de compresores según su construcción

7.2.2 Selección del compresión

La casa alemana Bitzer, es una de las más importantes fabricantes de compresores a nivel internacional. El mismo fabricante pone a la disposición un programa informático para así facilitar la selección del compresor (bitzer software versión 6.4).

Se selecciona un compresor alternativo de pistones, no solo porque los compresores de tornillo tengan un coste mayor, sino porque también se ajusta más a nuestros requisitos. La elección de un compresor alternativo semihermético se debe a que el compresor abierto es de mayor tamaño y está más obsoleto, lo que pasa con el hermético es que trabaja con bajas presiones y no pueden ser reparados. En definitiva con los requisitos de la bodega el compresor que más se ajusta, optimizando la instalación en cuanto a potencia frigorífica y capacidad de compresor, es el semihermético de pistones.

Introduciendo en el menú principal el tipo de máquina que se requiere, junto con los parámetros:

Refrigerante	R-404A
Potencia frigorífica	11,98 kW
Temp. de evaporación	-10°C
Temp. de condensación	45°C
Subenfriamiento	5 K
Recalentamiento	12 K

El programa dará los modelos más cercanos a los requisitos que se han estimado. Los datos técnicos del compresor seleccionado se encuentran en el **Anexo compresor**.

7.3 Condensador.

Es un intercambiador de calor en el que se produce la condensación de los gases a la salida del compresor. El condensador debe ser capaz de extraer y disipar el calor absorbido en el evaporador más el calor equivalente al trabajo de compresión.

7.3.1 Clasificación de los condensadores.

Se clasifican según su forma de disipar el calor y del medio utilizado:

- **Condensadores refrigerados por aire:** suelen trabajar normalmente en condiciones de convección forzada. Según su forma, pueden ser de tubos lisos, de tubos con aletas o de placas.
- **Condensadores refrigerados por agua:** se pueden diferenciar entre los que utilizan el calor sensible del agua, el calor latente o la combinación de los dos. Se recomiendan para instalaciones en locales de temperatura ambiental superior a los 30°C.

7.3.2 Selección del condensador.

Por medio del programa de la casa alemana BITZER (bitzer software versión 6.4), se procede a la selección del condensador más adecuado para la instalación frigorífica.

Primero se decide que tipo de condensador es el más idóneo, si el refrigerado por aire o por agua. Al ser un vehículo marino se dispondrá de agua salada para ser usada en la refrigeración del condensador, y como se ha mencionado anteriormente los condensadores refrigerados por agua se recomiendan para locales en los que la temperatura ambiental es superior a los 30°C, que en nuestro caso será de 36°C. Con lo que el idóneo será el refrigerando por agua.

Para la selección del modelo de condensador refrigerado por agua el programa requerirá los siguientes datos:

Refrigerante	R-404A
Potencia del condensador	17,40 kW
Serie	Resistente al agua salada
Temp. de condensación	45°C
Temp. entrada de agua	25°C

Los datos técnicos del condensador seleccionado se encontrarán en el **Anexo condensador**.

Da la casualidad de que la empresa BITZER tiene ya de serie el compresor y el condensador, que se han seleccionado, acoplados. Esto ayuda, ya que en un barco hay que optimizar al máximo el espacio, se reduce tanto el espacio ocupado como la tubería que los une (línea de presión). La reducción de esta tubería será favorable al tener menos caída de presión en la misma. Los detalles de este acoplamiento pueden verse en el **Anexo acoplamiento del compresor con el condensador**.

7.4 Válvulas de expansión.

Entre las funciones que realiza la válvula de expansión, cabe destacar las siguientes:

- Regular la capacidad de fluido refrigerante que entra en el evaporador.
- Se encarga de mantener una alta y baja presión en los extremos de la misma válvula.
- Provocar la expansión del fluido. El fluido pasa de la alta a la baja presión necesaria en el evaporador.

7.4.1 Clasificación de las válvulas de expansión.

La válvula de expansión puede ser de diferentes tipos. Las más utilizadas son:

- Válvulas manuales:

Tienen poco éxito en la industria. Son válvulas de aguja y se utilizan en instalaciones donde la carga térmica es constante. También se utilizan en by-pass con otra válvula de expansión, como complemento de regulación, o bien porque en un momento concreto, por ejemplo en el caso de avería, se pueda regular la cantidad de fluido a través de ellas.

- Tubos capilares:

Se utilizan en pequeñas instalaciones en donde varía poco la carga térmica, principalmente en instalaciones domésticas y comerciales de refrigeración, así como también en aire acondicionado. Consiste en un tubo de pequeño diámetro, normalmente de cobre, que une el condensador con evaporador. El fluido refrigerante en circular por el interior del tubo, padece una caída de presión y por lo tanto, también de temperatura, provocando la expansión.

- Válvulas de expansión termostáticas:

Deben ser montadas lo más cerca posible del evaporador, en caso contrario, cuanto más lejos esté montada, se debe de aislar o redimensionar las tuberías de manera las pérdidas de rendimiento sean mínimas.

Su funcionamiento queda determinado por tres presiones que actúan sobre la membrana interior:

- Presión del bulbo, P_b : Actúa sobre la parte superior de la membrana y tiende a abrir la válvula. Es la presión medida a la salida del evaporador.
- Presión de evaporación, P_e : Actúa sobre la parte inferior de la membrana y tiende a cerrarla. Es la presión en la entrada del evaporador. Ésta se comunica con la parte inferior de la membrana, a través de un orificio realizado en el interior del cuerpo de la válvula.
- Presión del resorte P_r : También actúa sobre la parte inferior de la membrana y tiende a cerrarla. Es una fuerza que actúa directamente sobre el vástago de la válvula.

En definitiva, la presión del bulbo es equilibrada por la suma de las presiones de evaporación y la del resorte.

$$P_b = P_e + P_r$$

Cuando $P_b > P_e + P_r$, la válvula abre.

Cuando $P_b < P_e + P_r$, la válvula cierra.

La igualdad de presiones se verá afectada por la variación por la variación de la temperatura del refrigerante a la salida del evaporador medida en el bulbo, dado que es la temperatura que actúa sobre el fluido que contiene el bulbo:

- Si la presión es alta, también lo será la temperatura y la presión del fluido en el bulbo, como consecuencia la válvula abrirá hasta restablecer de nuevo el equilibrio de las presiones.
- Si la temperatura del refrigerante en la salida del evaporador no aumenta, entonces la temperatura y la presión del bulbo tampoco lo harán y la válvula cerrará.

Todo esto viene a decir que las válvulas termostáticas trabajan según el recalentamiento del fluido refrigerante a la salida del evaporador, medido en el bulbo.

- Válvulas de expansión de flotador:

El flotador se encarga de regular el nivel de líquido refrigerante, actuando sobre una válvula, el orificio de entrada de la cual, es el que produce la expansión del fluido. Si fuese necesario cambiar las condiciones del fluido (temperatura de expansión más baja), se podría realizar cambiando el

orificio. Este tipo de válvulas se clasifican en válvulas de alta o baja presión, según su posición en la instalación.

- Válvulas de expansión electrónica:

Son las únicas que permiten el funcionamiento ideal del evaporador, manteniéndolo lleno de líquido y gas refrigerante y dejando que sólo salga del mismo el gas sobrecalentado para no dañar el compresor.

La modulación de refrigerante garantiza un amplio rango de funcionamiento, gracias al acoplamiento entre un orificio fijo y un obturador movido por un motor paso a paso que le permite una notable precisión en la regulación

7.4.2 Selección de la válvula de expansión.

Para la selección de la válvula expansión se utilizará el programa “Coolselector2” de la casa Danfoss.

Se descartarán las válvulas manuales, ya que son para carga térmica constante, al igual que las de expansión de flotador, estas válvulas son las utilizadas en evaporadores de tipo inundado. Las de tubos capilares son para instalaciones pequeñas, domésticas. Con lo que las más adecuadas son las de expansión termostáticas o electrónicas.

Finalmente el programa seleccionará una válvula de expansión electrónica, permiten ahorros de energía significativos, son compatibles con la mayoría de los refrigerantes R22, R134, R404, R407, CO2, etc. Los datos técnicos de la misma se pueden ver en el **Anexo válvula de expansión**.

7.5 Tuberías.

El equipo frigorífico básico está formado por un evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión. Estos dispositivos están conectados a través de tuberías para que el refrigerante pueda circular. Dependiendo del estado del refrigerante y de los elementos entre los que se desplaza el refrigerante podemos hablar de las siguientes líneas:

- **Línea de aspiración**: Es la tubería que conecta la salida del evaporador y la entrada del compresor. El refrigerante está en fase vapor.
- **Línea de descarga**: Es la tubería que conecta los gases que salen del compresor hacia el condensador.
- **Línea de líquido**: Es la tubería que conecta la salida del condensador con la válvula de expansión.

Para un buen dimensionado de las tuberías debemos tener presente los siguientes aspectos:

- Asegurar una alimentación correcta al evaporador.

- Dimensionar las tuberías de forma que las pérdidas de carga estén dentro de los valores considerados aceptados.
- Proteger el compresor. Evitar la acumulación de aceite en cualquier parte de la instalación, reduciendo al mínimo las pérdidas provocadas por el aceite.
- El coste destinado en conductos sea el mínimo.

Éste último requisito no se considera fundamental. El correcto dimensionado se realizará en función de los criterios anteriores. Considerando sólo el factor de costes obtendríamos secciones de tubería que provocarían pérdidas excesivas y una disminución inadmisible de la producción frigorífica de la instalación.

En la línea de líquido el dimensionado no es tan crítico como en las líneas de aspiración y descarga, sin embargo debe tener una sección que evite la formación parcial de vapor, ya que repercutiría en un mal funcionamiento de la válvula de expansión, afectando a un bajo rendimiento de la instalación.

Al ser la instalación relativamente pequeña, no hará falta el aislamiento de las tuberías, ya que resulta innecesario.

7.5.1 Caídas de presión.

Dentro de las pérdidas de carga creadas por la circulación del fluido refrigerante, podemos separarlas en dos grupos:

- Pérdidas estáticas: Cuando el evaporador y el sistema de alimentación están colocados a diferentes niveles de altura por encima del recipiente de líquido aparecen unas pérdidas estáticas, equivalentes a la presión de la columna de líquido del refrigerante. Estas son directamente proporcionales al producto entre la densidad del fluido y el desnivel de la línea de líquido.
- Pérdidas dinámicas: son las provocadas por la fricción y turbulencias en la circulación del refrigerante. Están relacionadas con diferentes factores como son: velocidad y viscosidad del refrigerante, rugosidad y diámetro del conducto, accidentes causados por diferentes elementos de la instalación como válvulas, codos, derivaciones, etc.

La pérdida de presión de cada tramo será la suma de las dos anteriores. Una caída de presión adicional provoca un mayor consumo de energía, ya sea por una presión de aspiración muy baja o por una presión de descarga muy alta.

Para el dimensionado de las tuberías de aspiración se debe realizar un estudio cuidadoso, ya que la caída de presión en ellas tiene una gran influencia sobre la producción frigorífica

de la instalación, ya que el compresor debe funcionar a una presión de aspiración inferior a la requerida en el evaporador.

Podría darse el caso de que con estas pérdidas consideradas como admisibles, la velocidad resultante en los conductos verticales no fuese lo suficiente para arrastrar el aceite.

La pérdida de presión de cada tramo será la suma de las dos anteriores. Una caída de presión adicional provoca un mayor consumo de energía, ya sea por una presión de aspiración muy baja o por una presión de descarga muy alta.

7.5.4 Criterio de velocidades

Las velocidades mínimas en los tramos de refrigerante en estado gas (aspiración y descarga), serán las siguientes:

- Tramo horizontal: 2,5 m/s.
- Tramo vertical: 5 m/s.

Las velocidades máximas admitidas son en términos generales:

- Tramo de refrigerante, fase gas (aspiración y descarga): 15 m/s.
- Tramo refrigerante, fase líquida: 2 m/s.

Para la línea de líquido no se fijará una velocidad mínima, aunque se sabe que cuanto más baja sea la velocidad, más grande será el diámetro del conducto. Se debe escoger un diámetro, cuyo valor sea próximo a la velocidad máxima permitida, sin ser superada.

Para determinar la velocidad, debemos conocer primero el caudal de refrigerante. A partir de la siguiente expresión, podemos encontrar el caudal [4].

$$Q_0 = m \cdot \Delta h_e \quad (8)$$

- Q_0 , producción frigorífica en el evaporador (KW).
- M , caudal másico (Kg/s).
- Δh_e , diferencia de entalpías entre la entrada y salida del evaporador (KJ/Kg).

Conocido el caudal másico, la velocidad quedará definida a partir de la siguiente expresión [3]:

$$v = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho} \quad (9)$$

- v , velocidad (m/s).
- ρ , densidad del fluido refrigerante (Kg/m³).

- D, diámetro interior del conducto (m).

La densidad del refrigerante no es un valor constante, sino que está relacionado en función de la temperatura y el estado en el que se encuentre.

7.5.5 Criterio de la pérdida de carga.

La pérdida de presión se puede expresar en kg/cm² o en °C. Las pérdidas de presión admisibles en las diferentes líneas serán las siguientes:

- Tramo de aspiración: 1°C
- Tramo de descarga: 1°C
- Tramo de líquido: 0.5°C

La determinación de la pérdida de carga debido a la circulación del fluido por las tuberías es un problema típico de mecánica de fluidos. Se establecen dos comportamientos diferenciados según el régimen de funcionamiento, existiendo una zona de transición entre los dos.

El parámetro que caracteriza el régimen de circulación existente es el conocido número de Reynolds, sacado de Mecánica de fluidos, Manuel M. Sánchez Nieto, UPCT [5], coeficiente adimensional que se define como:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (10)$$

- v, velocidad (m/s).
- ρ, densidad del fluido refrigerante (Kg/m³).
- D, diámetro interior del conducto (m).
- μ, viscosidad dinámica (Kg/ms).

Las ecuaciones utilizadas para determinar la viscosidad dinámica del vapor y del líquido son:

$$\mu_{\text{liquido}} = 10^{(A+B \cdot T)} \cdot 10^{-6} \quad (11)$$

$$\mu_{\text{vapor}} = (A + B \cdot T) 10^{-6} \quad (12)$$

- A y B, son coeficientes adimensionales, su valor depende del refrigerante.
- T, temperatura en °C.

En el caso del refrigerante R-404A, el valor de los coeficiente A y B será:

- Líquido: A=2,1736 B=-0,002187

- Vapor: $A=9,3506$ $B=0,00976$

A partir de la ecuación de la velocidad anunciada en el apartado anterior, podemos expresar el número de Reynolds como:

$$Re = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D \cdot \mu} \quad (13)$$

La clasificación en el régimen de circulación se determina por el valor del coeficiente de Reynolds:

- $Re < 2300$ (Régimen laminar).
- $2300 < Re < 4000$ (Régimen de transición).
- $4000 < Re$ (Régimen turbulento).

En instalaciones frigoríficas comerciales, se trabaja en régimen turbulento.

En cualquier régimen, la pérdida de carga en la tubería debido a la circulación del fluido, puede calcularse mediante:

$$\Delta P_r = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot D \cdot g} \quad (14)$$

- ΔP_r , caída de presión por la circulación, en metros columna de refrigerante.
- f , factor de fricción, adimensional.
- L , longitud del tramo de tubería estudiada (m).
- g , constante de gravedad, 9.8 m/s^2 .

7.5.6 Líneas de refrigerante

- **Tubería de gas aspirado.**

Para el dimensionado de las tuberías de aspiración se debe realizar un estudio cuidadoso, ya que la caída de presión en ellas tiene una gran influencia sobre la producción frigorífica de la instalación, ya que el compresor debe funcionar a una presión de aspiración inferior a la requerida en el evaporador, una pérdida de presión en este tramo puede ocasionar pérdidas importantes de capacidad y eficacia del sistema.

La pérdida de carga admisible en este tramo no debe implicar un aumento de temperatura superior a 1°C

La velocidad del vapor debe ser suficiente para poder garantizar el retorno de aceite. En tramos verticales esta velocidad debe ser como mínimo de 5 m/s , mientras que en tramos horizontales el valor mínimo es de $2,5 \text{ m/s}$.

El estado del refrigerante a la salida del evaporador es de vapor recalentado. Así se asegura que no lleguen gotas de líquido al compresor.

- **Tubería de líquido.**

El diseño de las tuberías de líquido es menos crítico que el de las demás tuberías del sistema. Presentan menor número de problemas, el aceite está mezclado con el refrigerante en estado líquido y a las temperaturas de condensación y velocidades de líquido normales, que suelen ser pequeñas, no existe riesgo de depósitos de aceite en el condensador y en el recipiente. El principal problema que se presenta en su diseño es el de evitar la formación instantánea de gas antes de que el líquido llegue a la válvula de expansión. Esto puede dar lugar a una reducción de la expansión, causando además erosiones en el asiento de la válvula. Para evitar la formación de gas en la tubería de líquido, debe mantenerse la presión del líquido por encima del valor de la presión de saturación correspondiente a la temperatura del líquido.

En el caso de los fluidos clorofluorcarbonados e hidrógeno fluorcarbonados, en las tuberías de líquido las pérdidas de carga no deben sobrepasar 0,35 bares en total. Este valor no representa solamente las pérdidas de cargas dinámicas sino la suma de dinámicas, las estáticas y las debidas a los accesorios.

- **Tubería de gas a presión.**

El dimensionamiento de la tubería de gas a presión es similar al de la tubería de aspiración. Normalmente se dimensiona para que la pérdida de carga no sea superior a una pérdida de 1°C de temperatura. Además, la velocidad ha de ser superior a 5 m/s en tramos verticales y a 2,5 en tramos horizontales.

Normalmente, las pérdidas de carga no deben exceder de 0,14 bares para el caso de los fluidos clorofluorcarbonados e hidrógeno fluorcarbonados, salvo que sea necesario el uso de velocidades de gas elevadas para arrastrar el aceite en el interior de los tubos y evitar su decantación. Este es el caso de los tubos de descarga verticales, en los que el aceite decantado correría el riesgo de caer por gravedad en la culata del compresor. A fin de asegurar la circulación del aceite, la velocidad del gas en las líneas de descarga debe ser superior a 15 m/s.

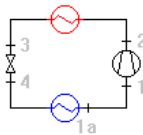
7.5.7 Dimensionamiento y selección de tuberías

La longitud de las tuberías se han establecido en base al diseño 3D realizado en RHINOCEROS, de manera que el espacio estuviera optimizado y los componentes bien situados. Véase en la Figura:

Para el dimensionado de los diámetros de las diferentes tuberías, se deberán tener en cuenta dos criterios que deben de cumplir todos los tramos: velocidades máximas y mínimas del fluido refrigerante y caída de presión permitida en cada tramo.

El método de cálculo será el siguiente: mediante el programa Coolselector2 (DANFOSS) con los parámetros de la instalación se seleccionará el tipo de tubería en cada tramo, ajustándose lo máximo posible a los criterios de velocidad, ya que en este caso al ser los tramos tan cortos no habrán grandes caídas de presión y por tanto cumplirán siempre con este criterio. Se comprobarán las velocidades del fluido en cada tramo, probando con diferentes diámetros hasta obtener unos valores que cumplan con los criterios de velocidades establecidos, siempre ajustándose al límite establecido.

A continuación, se podrá observar los parámetros calculados por el programa DUPREX 4.0, en las Figuras 21, 22 y 23:



Estándar: EN 12735-1
Material: Cu

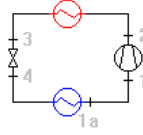
Suva(TM) 404A

Propiedades de ciclo

Temp. de evaporación	-8,00	°C
Temp. media de gas aspirado	9,00	°C
Temp. media de gas a presión	77,76	°C
Temp. de condensación	45,00	°C
Subenfriamiento de líquido	5,00	K
Capacidad frigorífica	11,98	kW

Tubería gas aspirado	Tubería de líquido	Tubería de gas a presión
Tubería gas aspirado / Cu / EN 12735-1 / Velocidad <input type="checkbox"/> inch <input type="checkbox"/> dp <input type="checkbox"/> bar		
Tubo más pequeño siguiente	Diámetro interior [mm]	Tubo más grande siguiente
28,00 x 1,50 (di = 25,00 mm)	25,35	35,00 x 1,50 (di = 32,00 mm)
10,08	Velocidad [m/s] 9,80	6,15
0,04	Logitud equivalente [K/m] 0,04	0,01
609,17	Caída de presión [Pa/m] 569,31	182,14
0,16	Pérdida total de presión [K] L = 4 m dp = 0,15 K	0,05

Figura 21: Tubería de gas aspirado



Estándar: EN 12735-1
Material: Cu

Suva(TM) 404A

Propiedades de ciclo

Temp. de evaporación	-8,00	°C
Temp. media de gas aspirado	9,00	°C
Temp. media de gas a presión	77,76	°C
Temp. de condensación	45,00	°C
Subenfriamiento de líquido	5,00	K
Capacidad frigorífica	11,98	kW

Tubería gas aspirado	Tubería de líquido	Tubería de gas a presión
Tubería de líquido / Cu / EN 12735-1 / Velocidad <input type="checkbox"/> inch <input type="checkbox"/> dp <input type="checkbox"/> bar		
Tubo más pequeño siguiente	Diámetro interior [mm]	Tubo más grande siguiente
10,00 x 1,00 (di = 8,00 mm)	9,94	12,00 x 1,00 (di = 10,00 mm)
2,16	Velocidad [m/s] 1,40	1,38
0,10	Logitud equivalente [K/m] 0,04	0,03
4973,30	Caída de presión [Pa/m] 1720,79	1667,89
0,03	Pérdida total de presión [K] L = 0,30 m dp = 0,01 K	0,01

Figura 22: Tubería de líquido

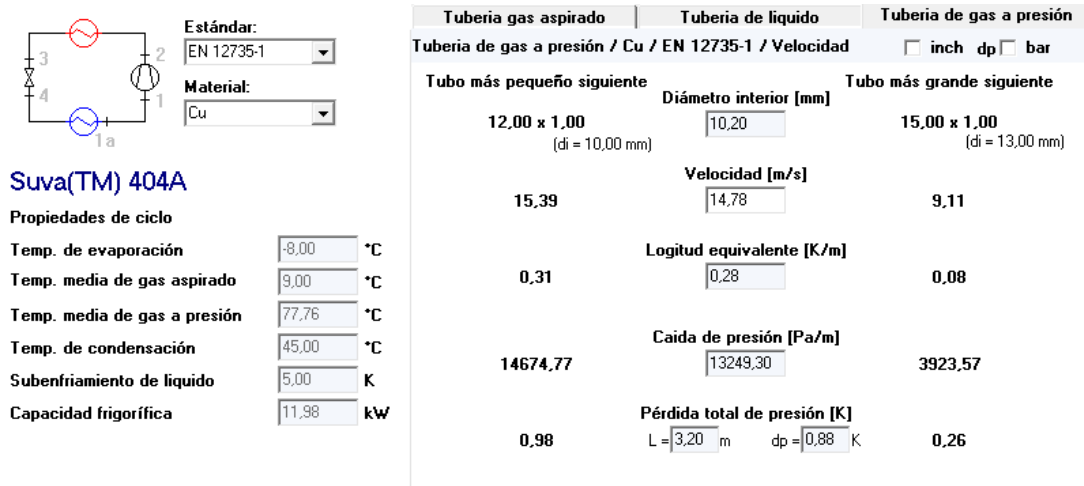


Figura 23: Tubería de gas a presión

En la siguiente Tabla 6, se puede ver mejor y resumidas las características de las tuberías:

Tabla 6- Características principales de cada tubería

	L(m)	Diámetro interior (mm)	V (m/s)	dp (K)
Tubería de gas aspirado	4	25,35	9,80	0,15
Tubería de líquido	0,30	9,94	1,40	0,01
Tubería de gas a presión	3,20	10,20	14,70	0,88

El informe de los accesorios y tuberías seleccionadas vendrán detallados en el **Anexo tuberías**.

CAPÍTULO 8: REGULACIÓN Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN

8.1 Introducción

Debido a que el control manual es difícil y requiere de personal altamente cualificado, la mayoría de las cámaras frigoríficas funcionan automáticamente.

Instalar un control automático implica montar los dispositivos de seguridad que protejan los equipos ante cualquier funcionamiento anormal y que nos sirvan como indicativo de avería. En caso de avería se puede actuar a tiempo, evitando que se puedan producir daños mayores.

Algunos de los parámetros que se pueden regular están:

- Control de temperatura.
- Control de humedad relativa.
- Control de nivel de líquido.
- Control de la capacidad de la instalación.
- Control de la presión de aceite.
- Presostato de alta presión.
- Presostato de baja presión.

8.2 Control de temperatura

La distribución de la temperatura dentro de la cámara es uno de los parámetros más difíciles de controlar. Su valor puede verse variado en las diferentes zonas de la cámara.

- Una correcta distribución de la cámara.
- La velocidad de circulación del aire.
- Abertura de puertas.

Se controlará la temperatura del recinto y el producto por medio de un termostato instalado en el interior de la cámara. La planta frigorífica empezará a funcionar o se parará en función del nivel térmico que indique el sensor del termostato.

El diferencial térmico es el intervalo entre la temperatura máxima y mínima permitida en el interior de la cámara. Para un correcto funcionamiento de la cámara, es imprescindible que dichos valores estén bien fijados. Si el diferencial es muy pequeño, la planta funcionará durante intervalos cortos pero muy repetitivos, implicando un mayor desgaste del compresor. En cambio si el diferencial es muy grande, la instalación funcionará durante largos ciclos y el interior de la cámara frigorífica padecerá una oscilación excesiva en su temperatura, factor perjudicial para el producto almacenado..

8.3 Control de humedad relativa

La humedad relativa dentro de la cámara frigorífica es un índice que mide el equilibrio entre el agua del producto y su eliminación del aire cuando éste pasa por el evaporador.

Interesa controlar este factor, debido a que un índice pequeño se ve reflejado directamente en una pérdida de peso del producto.

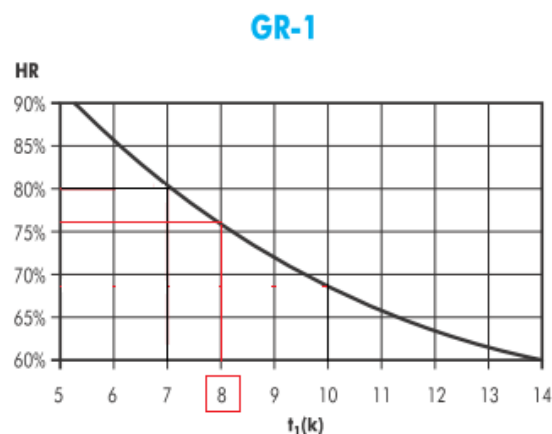
Siempre que podamos elegir el índice de humedad relativa, es preferible un índice bajo, ya que los evaporadores aumentarán su producción frigorífica.

La humedad relativa de la cámara estará influenciada por numerosos factores como:

- Características físicas y biológicas del producto.
- Tipo de embalaje.
- Tipo de control en el sistema de refrigeración.
- Diferencias de temperaturas en la cámara, temperatura de evaporación, temperatura media de la cámara, temperatura de entrada y salida del evaporador.
- Infiltraciones de vapor de agua.
- Duración de los ciclos de funcionamiento de la instalación.

De todos los factores descritos anteriormente, el más importante es la diferencia entre la temperatura del aire que entra en el evaporador y la temperatura a que evapora el fluido frigorífico en su interior. A menor diferencia de temperatura, más grande es la humedad relativa y viceversa.

En la siguiente gráfica, podemos observar la relación entre la diferencia de temperaturas y la humedad relativa.



Gráfica 1: Humedad relativa

El nivel de humedad relativa en la cámara puede ser medido y controlado a través de higrómetros o higroscópicos. Estos pueden ser del tipo de bulbo seco o húmedo, de membrana de plástico higroscópica o de película superficial.

Estos tipos de aparatos son inestables y se rompen con facilidad. Son muy sensibles al polvo y su exactitud se ve reducida al acumularse suciedad en las partes húmedas. Es necesario un mantenimiento y comprobación periódica.

8.4 Control de nivel de líquido

En instalaciones grandes, es importante controlar el nivel de líquido en el recipiente. Antiguamente, se utilizaban flotadores accionados magnéticamente, pero gracias al desarrollo de la electrónica, en la actualidad el control es realizado mediante sondas.

Los reguladores de nivel, regulan la alimentación a través del control de nivel de líquido. Enviando una señal de apertura o cierre al componente del equipo que realiza la función de alimentación.

El regulador de nivel está formado por un elemento de medición y un transductor amplificador unido eléctricamente.

El elemento de medición se compone de un flotador que tiene en la parte superior un vástago metálico de mando. Éste está montado y conectado en paralelo con el elemento del que se quiere saber el nivel.

8.5 Control de la capacidad de la instalación

El sistema debe estar diseñado para tener una potencia igual o mayor a la carga máxima. De esta manera la instalación podrá mantener los productos a la temperatura deseada en momentos de carga puntual.

Cuando la variación en la demanda frigorífica no es grande, el control de la capacidad se consigue simplemente con la variación de la duración de los ciclos de puesta en marcha y parada.

Sin embargo, si las variaciones en la demanda son considerables, deberemos hacer algún tipo de regulación adicional.

La regulación de la capacidad se realiza con el fin de evitar que tanto la temperatura como la presión de evaporación bajen tanto que sea perjudicial para el producto que queremos almacenar.

Esta regulación se puede hacer sobre el compresor o sobre el evaporador. Normalmente el control de la capacidad se realiza sobre el compresor. De los diferentes métodos, el más utilizado es el que consigue el control anulando uno de los cilindros del compresor.

8.6 Control de la presión de aceite

Este tipo de control se realiza cuando el compresor tiene una bomba de lubricación. Diferentes causas provocan una lubricación defectuosa del compresor:

- No existe suficiente aceite en el cárter del compresor. Esto se produce especialmente en cámaras que trabajan con fluidos halogenados, donde el aceite está retenido en el circuito y no vuelve al cárter a un ritmo adecuado. También puede ser por la posible existencia de una fuga de aceite.
- La bomba de aceite está rota.
- La tubería de aspiración y de descarga de aceite están taponadas y la presión de la bomba es insuficiente para vencer esta resistencia.

8.7 Presostato de alta presión

Es un elemento que actúa cuando la presión en el condensador es muy alta, protegiendo el sistema contra la sobrecarga y posible rotura de las tuberías, llegando a parar al compresor. Estará conectado en la línea de descarga, a la salida del compresor. Una alta presión puede ser causada por:

- Enfriamiento defectuoso del condensador por mal funcionamiento de los ventiladores o por suciedad acumulada.
- Acumulación de refrigerante líquido en la parte baja del condensador, producido por una excesiva carga de refrigerante.
- El control de la presión de condensación está ajustado a un nivel muy alto.

8.8 Presostato de baja presión

Actuará cuando la presión en la línea de aspiración sea inferior al nivel establecido. Esta caída de presión puede causar una temperatura de evaporación muy baja, dañando los productos almacenados o la propia cámara frigorífica.

El presostato de baja actúa abriendo el circuito del motor del compresor. Las causas más frecuentes por las que puede actuar el presostato de baja son:

- El evaporador no está correctamente alimentado, debido a un mal funcionamiento de la válvula de expansión.
- La capacidad del compresor sobrepasa la del evaporador, debido a que los ventiladores están parados accidentalmente, o que existe una acumulación excesiva de hielo en el evaporador, o bien el dispositivo de control del compresor no funciona correctamente.
- La carga de refrigerante en el circuito es baja.
- Presencia de aceite en el evaporador.
- Mal funcionamiento del termostato.

La presión de trabajo del presostato deberá ser fijada por debajo de la presión de evaporación normal, pero siempre por encima de la presión que puede provocar la congelación o daños del producto por el frío.

CAPÍTULO 9: PRESUPUESTO

9.1 Componentes principales

Material	Modelo	Unidades	(€/unidad)	Precio (€)
Evaporador	FRM 590	1	3.095	3.095
Compresor+Condensador	4EES-4Y/K203HB	1	6.043	6.043
Válvula de expansión	AKV 15-1	1	409,21	409,21
				9547,21

9.2 Tuberías

9.2.1 Tubería de gas aspirado

Material	Diámetro (mm)	L (m)	Unidades	(€/m)	(€/unidad)	Precio (€)
Tubería cobre	28	4	1	11,06	-	44,24
Codo de cobre 90 ⁰	28		4		4,10	16,40
						60,64

9.2.2 Tubería de líquido

Material	Diámetro (mm)	L (m)	Unidades	(€/m)	(€/unidad)	Precio (€)
Tubería cobre	12	3,20	1	2,65	-	93,78
Codo de cobre 90 ⁰	12		4		0,64	2,56
						96,34

9.2.3 Tubería de gas a presión

Material	Diámetro (mm)	L (m)	Unidades	(€/m)	(€/unidad)	Precio (€)
Tubería cobre	12	0,30	1	2,65	-	0,80
Codo de cobre 90 ⁰	12		1		0,64	0,64
						1,44

9.3 Coste total de la instalación

Coste total (€)	9750,63
-----------------	---------

NOMENCLATURA

- (1) $Q_1(W) = \varphi\left(\frac{W}{m^2\text{°C}}\right) \cdot S(m^2)$
- (2) $Q_3(W) = m(Kg) \cdot Cp \cdot (ti - tr)(\text{°C})$
- (3) $Q_5(W) = 0.08 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)(W)$
- (4) $Q_6(W) = 0.05 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)(W)$
- (5) $Q_T(W) = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6(W)$
- (6) $\frac{1}{U(W/m^2\text{°C})} = \frac{1}{\alpha_e\left(\frac{W}{m^2\text{°C}}\right)} + \sum \frac{\delta_i\left(\frac{W}{m^2\text{°C}}\right)}{\lambda_i(m)} + \frac{1}{\alpha_i\left(\frac{W}{m^2\text{°C}}\right)}$
- (7) $Q_1(W) = U\left(\frac{W}{m^2\text{°C}}\right) \cdot S(m^2) \cdot \Delta t(\text{°C})$
- (8) $Q_0(W) = m\left(\frac{Kg}{s}\right) \cdot \Delta h_e\left(\frac{KJ}{Kg}\right)$
- (9) $v\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{4 \cdot m(Kg)}{\pi \cdot D^2(m) \cdot \rho\left(\frac{Kg}{m^3}\right)}$
- (10) $Re = \frac{v\left(\frac{m}{s}\right) \cdot D(m) \cdot \rho\left(\frac{Kg}{m^3}\right)}{\mu\left(\frac{Kg}{ms}\right)}$
- (11) $\mu_{\text{liquido}}\left(\frac{Kg}{ms}\right) = 10^{(A+B \cdot T)} \cdot 10^{-6}$
- (12) $\mu_{\text{vapor}}\left(\frac{Kg}{ms}\right) = (A + B \cdot T)10^{-6}$
- (13) $Re = \frac{4 \cdot m(Kg)}{\pi \cdot D(m) \cdot \mu\left(\frac{Kg}{ms}\right)}$
- (14) $\Delta P_r(m) = \frac{f \cdot L(m) \cdot v^2\left(\frac{m}{s}\right)}{2 \cdot D(m) \cdot g\left(\frac{m}{s^2}\right)}$

BIBLIOGRAFÍA

Referencias:

- [1] Normalización mediante la Sociedad Americana de Calefacción y Aire Acondicionado (ANSI/ASHRAE)
- [2] SOLAS.
- [3] La producción de frío, E. Torrella, Servicio de Publicaciones, UPV (2000).
- [4] Ingeniería del frío: teoría y práctica, María Teresa Sánchez y pineda de las infantas, ed. AMV Ediciones, Mudi-Prensa Libros, S.A. (2000).
- [5] Mecánica de fluidos, Manuel M. Sánchez Nieto, UPCT.
- [6] Manual de climatización, tomos I Y II, J. M. Pinazo, UPV.

Programas utilizados:

- RHINOCEROS, desarrollo de la instalación.
- DUPREX 4.0, cálculos y representación del ciclo.
- FRIMETALKSELECT2015, selección del evaporador.
- BITZER software 6.4, selección del compresor y condensador.
- Coolselector2, selección de la válvula de expansión y tuberías.

ANEXOS: FORMULARIO Y COMPONENTES SELECCIONADOS

Anexo evaporador

Datos obtenidos en el catálogo de FRIMETAL:

- Características:

GAMA COMERCIAL - COMMERCIAL RANGE		TUBOS DE COBRE - COPPER TUBES								R-404A				
SERIE FRM		PASO DE ALETAS - FIN SPACING 4,2 mm								Ø300		Ø400		
MODELO MODEL		FRM 148	FRM 165	FRM 235	FRM 270	FRM 310	FRM 445	FRM 500	FRM 575	FRM 590	FRM 840	FRM 960	FRM 1145	
Capacidad nominal Nominal capacity	$T_c=0^{\circ}\text{C } \Delta t_1=8\text{K}$	W	2470	2980	3700	4940	5960	7400	9120	11320	12200	15620	18300	23430
Capacidad aplicación Application capacity	$T_c=+10^{\circ}\text{C } \Delta t_1=10\text{K}$	W	3710	4470	5550	7410	8940	11100	13680	16980	18300	23430	27450	35150
	$T_c=-18^{\circ}\text{C } \Delta t_1=7\text{K}$	W	1900	2290	2850	3800	4590	5700	7020	8720	9390	12030	14090	18040
Superficie / Surface		m ²	11,0	14,6	21,9	21,9	29,2	43,8	45,2	67,8	52,1	78,1	78,1	117
Volumen interior / Circuit Volume		dm ³	2,4	3,2	4,8	4,4	5,9	8,8	8,8	13	10	15	15	23
Caudal aire / Air flow		m ³ /h	1500	1450	1350	3000	2900	2700	4370	4100	6700	6200	10050	9300

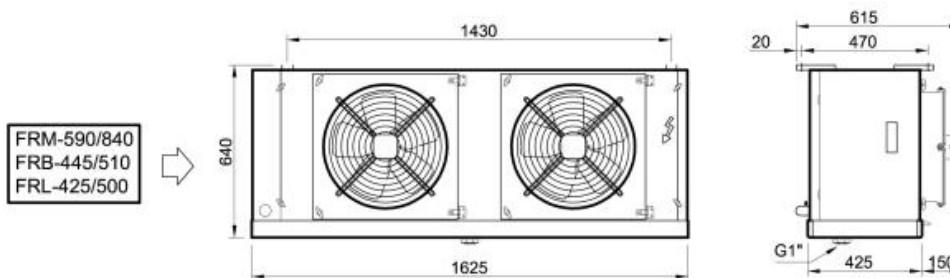
- Pesos:

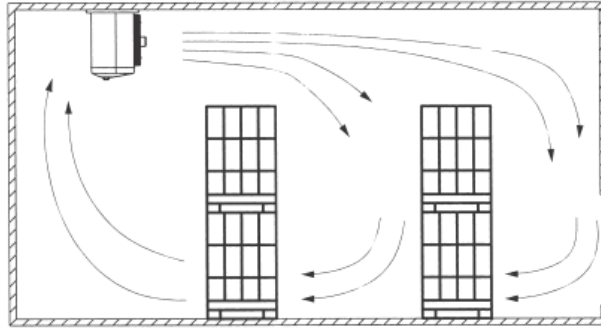
MODELOS		MODELS		(1)	(2)
				Kg	Kg
FRM-148	FRB-94	FRL-85		23	6
FRM-165	FRB-110	FRL-100		24	6
FRM-235	FRB-154	FRL-135		28	7
FRM-270	FRB-175	FRL-160		38	10
FRM-310	FRB-225	FRL-195		41	10
FRM-445	FRB-297	FRL-275		48	12
FRM-500	FRB-350	FRL-330		58	15
FRM-575	FRB-435	FRL-420		69	17
FRM-590	FRB-445	FRL-425		71	18
FRM-840	FRB-510	FRL-500		84	21
FRM-960	FRB-580	FRL-550		102	17
FRM-1145	FRB-820	FRL-710		120	20

(1) Peso neto máximo incluido desescarche eléctrico - Maximum net weight including electric defrosting
 (2) Peso aproximado por anclaje - Aprox. weight per fixture

- Dimensiones:


Ø400





Anexo compresor

Informe realizado por el programa BITZER software 6.4:

 BITZER Software v6.5.0 rev1607	TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del compresor 14/09/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


Proyecto de estudio

Selección de compresores

Compresores de Pistones Semi-herméticos 1x 4EES-4Y

accesorio elegido

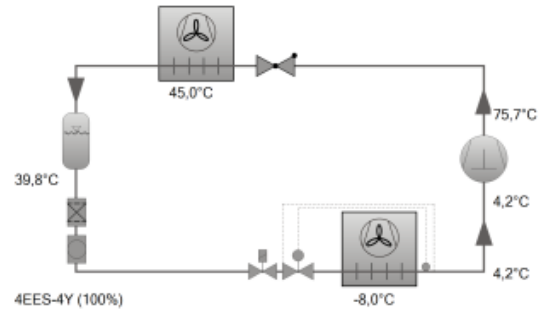
[Recipientes horizontales](#) 1x F252H

	<p>TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del compresor</p>
<p>BITZER Software v6.5.0 rev1607</p>	<p>14/09/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio</p>

Selección del Compresor: Compresores de Pistones Semi-herméticos

Valores de entrada

Modelo de compresor	4EES-4Y
Modo	Refrigeración y Aire acondicionado
Refrigerante	R404A
Temperatura de referencia	Temperatura media
Temp. de evaporación	-8,00 °C
Temp. de condensación	45,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	5,00 K
Recalentamiento de gas aspirado	12,00 K
Modo de funcionamiento	Auto
Alimentación eléctrica	400V-3-50Hz
Regulador de capacidad	100%
Recalentamiento útil	100%



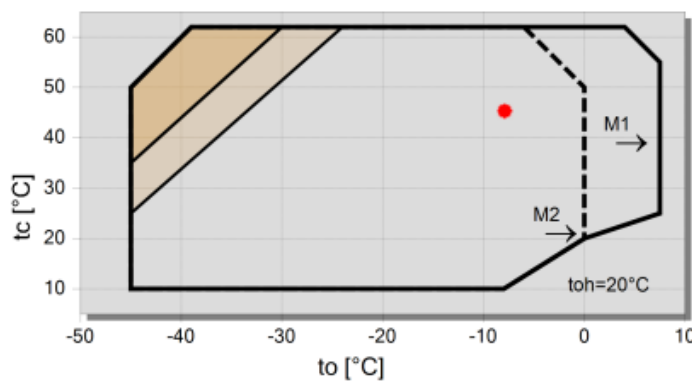
Resultado

Compresor	4EES-4Y-40S
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	12,68 kW
Potencia frigorífica *	12,55 kW
Potencia en el evap.	12,68 kW
Potencia absorbida	5,54 kW
Corriente (400V)	9,27 A
Gama de tensiones	380-420V
Capacidad del condensador	18,21 kW
COP/EER	2,29
COP/EER *	2,28
Caudal másico	404 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	75,7 °C


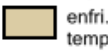
Datos provisionales


*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

Límites de aplicación 100%



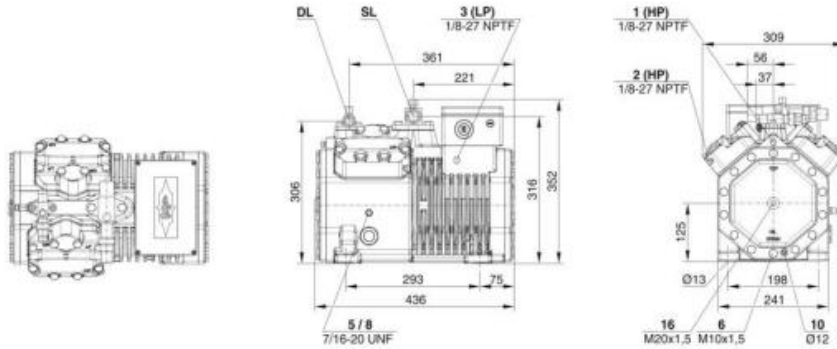
Leyenda

-  enfr. adicional o sobrecalentamiento del gas de aspiración ≤20K
-  enfr. adicional o max. <0°C temperatura del gas aspirado
- M1: motor 1
- M2: motor 2
- A

	<p>TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del compresor</p>
BITZER Software v6.5.0 rev1607	14/09/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio

Datos técnicos: 4EES-4Y

Dimensiones y conexiones



Datos técnicos

Informaciones técnicas

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	22,72 m ³ /h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	27,42 m ³ /h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	4 x 46 mm x 39,3 mm
Peso	84 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32bar
Conexión línea aspiración	28 mm - 1 1/8"
Conexión línea descarga	16 mm - 5/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard) / R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2 (Option)

Informaciones motor

Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V -50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	12.2 A
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	53.5 A
Potencia máx. absorbida	6,9 kW

Estándar de entrega


Protección motor	SE-B1
Clase de protección	IP65
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	2,00 dm ³

Opciones disponibles

Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Regulación de capacidad	100-50% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option
Calefactor de Cártter	0..120 W PTC (Option)
Control de nivel de aceite	OLC-K1 (Option)

Nivel sonoro medido

Potencia sonora (-10°C / 45°C)	71,6 dB(A) @ 50Hz
Potencia sonora (-35°C / 40°C)	72,5 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C)	63,6 dB(A) @ 50Hz
Presión sonora @ 1m (-35°C / 40°C)	64,5 dB(A) @ 50Hz

 BITZER Software v6.5.0 rev1607	TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del compresor 14/09/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Compresores de Pistones Semi-herméticos

Motor 1 = e.g. 4TES-12 (4TCS-12.2) with 12"HP", primary for air-conditioning (e.g. R22,R407C) and air-conditioning with R134a at high ambient temperatures

Motor 2 = e.g. 4TES-9 (4TCS-8.2) with 8"HP", universal Motor for medium and low temperature application (e.g. R404A, R507A, R407A, R407F) and air-conditioning with R134a.

Motor 3 = e.g. 4TES-8, for medium temperature applications and R134a

For more information concerning the application range use the "Limits" button.

Operation modes 4VES-7 (4VCS-6.2) to 6FE-44 (6F-40.2) and 44JE-30 (44J-26.2) to 66FE-88 (66F-80.2) with R407F/R407A/R22:

CIC = liquid injection with low temperature application, suction gas cooled motor

Datos de potencia con certificado ASERCOM:

El gremio de fabricantes europeos de componentes para la técnica frigorífica ha implementado un programa de certificación para los datos de potencia de los compresores frigoríficos. El alto estándar de esta certificación se garantiza por:

-- Verificación de la plausibilidad de los datos, realizada por expertos.

-- Mediciones regulares por institutos independientes.

Este elevado esfuerzo de trabajo tiene como consecuencia que únicamente se puedan presentar una cantidad limitada de compresores. Por esa razón todavía no se han certificado todos los compresores BITZER.

Los datos de potencia de los compresores que han satisfecho estas estrictas exigencias, pueden ostentar la etiqueta "ASERCOM certified". En este software se ha colocado la etiqueta de certificación de los compresores respectivos a la izquierda bajo el campo de resultados o en la impresión de los datos de potencia. Todos los compresores certificados y otras informaciones se hallan listadas en la página web de ASERCOM (www.ASERCOM.org).

Datos de rendimiento con R404A/R507A a temperaturas de evaporación por debajo de -20°C con refrigeración adicional. Dependiente del tipo de la instalación, se tiene que considerar el consumo de potencia de un ventilador adicional.

Potencia del condensador:

Se puede calcular la potencia del condensador sin y con radiación térmica. Se puede seleccionar esta opción en el menú PROGRAMA/ OPIONES. La radiación térmica es constantemente 5% de la demanda de energía. La potencia del condensador es indicada en la línea potenc. del cond. (con RT) o potencia del condensador.

Dato para los niveles sonoros:

Los datos de rendimientos están basados en un funcionamiento a 50Hz (unidad IP - 60Hz) y con R404A por defecto.


Nivel sonoro: los valores son dados en campo libre y semi esférico a 1 m de distancia con una tolerancia de +/-2 dB (A).

Informaciones de base sobre los datos sonoros:

Los valores han sido medidos en condiciones de laboratorio. Así, los compresores son puestos libremente sobre una bandeja maciza. Las tuberías están conectadas y en la medida de lo posible exentas de vibraciones y fijadas de manera flexible sobre la cámara de medida de tal modo que la transmisión de vibraciones al entorno es excluida. En un sistema real, diferencias significativas con las medidas de laboratorio pueden existir. El ruido emitido por el compresor puede reverberarse sobre las superficies del sistema, generando así un aumento del nivel sonoro del medio ambiente. Las vibraciones del compresor, según el grado de amortización de sus fijaciones, pueden a través de los pies del compresor y de las tuberías transmitirse a la instalación y entrar en resonancia con otros componentes del sistema, contribuyendo así al aumento del nivel sonoro ambiente. Si llega el caso, estas resonancias pueden ser minimizadas por la utilización de elementos amortiguadores y de fijaciones adaptados.


Leyenda y posición de las "Dimensiones":

- 1 Presostato de alta presión (AP)
- 2 Conexión para el sensor de temperatura de descarga (AP) (para 4VE(S)-6Y .. 4NES(-20Y) conexión para el sensor del CIC como alternativa
- 3 Presostato de baja presión (BP)
- 4 Sistema CIC: orificio de inyección (BP)
- 4b Conexión para el sensor de CIC
- 4c Conexión para el sensor de CIC (MP / funcionamiento con subenfriador)
- 5 Tapón llenado aceite
- 6 Tapón vaciado aceite
- 7 Filtro de aceite (tapón magnético)
- 8 Retorno de aceite (separador de aceite)
- 9 Conexión para la igualación de aceite y gas (funcionamiento en paralelo)
- 9a Conexión para la igualación de gas (funcionamiento en paralelo)
- 9b Conexión para la igualación de aceite (funcionamiento en paralelo)
- 10 Conexión para el calefactor de aceite
- 14 Conexión para la presión intermedia (MP)
- 15 Inyección de líquido (funcionamiento sin subenfriador de líquido y con válvula de expansión termostática)
- 16 Conexión para el monitoreo de aceite (monitorización de aceite electro-óptico "OLC-K1" o interruptor diferencial de presión de aceite "Delta-PII")

 BITZER Software v6.5.0 rev1607	TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del compresor 14/09/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- 17 Entrada del refrigerante en el subenfriador de líquido
- 18 Salida del refrigerante en el subenfriador de líquido
- 19 Espacio de la abrazadera
- 20 Placa de bornas
- 21 Conexión para mantenimiento de la válvula de aceite
- 22 Válvula de alivio de presión a la atmósfera (lado descarga)
- 23 Válvula de alivio de presión a la atmósfera (lado aspiración)

SL Línea de aspiración
DL Línea descarga

 BITZER Software v6.5.0 rev1607	TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del compresor 14/09/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Recipientes horizontales

Valores de entrada

Común Si
 Auto
 Punto de funcionamiento Auto


Puntos de funcionamiento

 A
 to [°C] -8
 tc [°C] 45

Resultado

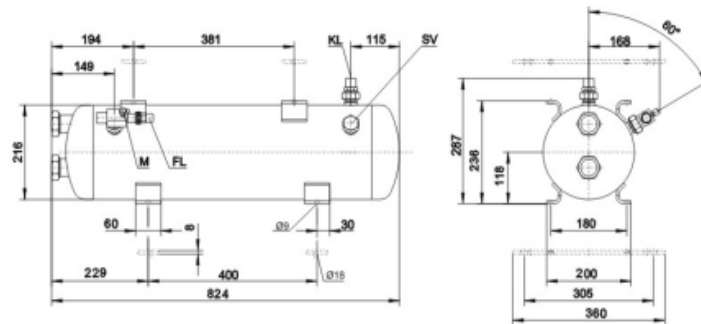
Compresor: 4EES-4Y
 recomendado: F252H
Selección F252H
 Punto de funcionamiento A
 recomendado:
 Punto de trabajo seleccionado: A
 Volumen del recipiente 25,0 dm³
 Carga refrigerante máxima 24,0 kg
 Capacidad del recipiente 98,3 %
 Unidad recipiente componentes
 individuales
 carriles de fijación inferiores 327301-05
 carriles de fijación superiores 327301-22
 plato superior de la fijación 320366-02

#1: Clasificación de colectores para sistemas compactos sin regulación de la licuefacción. Cálculo exacto únicamente mediante la cantidad de refrigerante (ver indicaciones).

	<p>TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del compresor</p>
<p>BITZER Software v6.5.0 rev1607</p>	<p>14/09/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio</p>

Datos técnicos: F252H


Dimensiones y conexiones



Datos técnicos

Informaciones técnicas

Peso	23,6 kg
Anchura total	824 mm
Profundidad total	276 mm
Altura total	287mm
Contenido del recipiente	25,0 l
Máx. carga refrigerante 90% a 20°C	20°C
R22	27,2 kg
R134a	27,6 kg
R407C	26,1 kg
R404A/R507A	24,0 kg
Presión máxima	33 bar
Max. temperatura de trabajo	120°C
Conexión para entrada KL	22mm - 7/8"
Rosca/brida de conexión	1 1/4" - 12 UNF
Conexión para salida FL	22mm - 7/8"
Rosca/brida de conexión	1 1/4" - 12 UNF
Manómetro	7/16" 20UNF
Conexión para válvula de descarga adaptador para válvula de seguridad	1 1/4"-12UNF Option
Vigilancia del nivel mínimo	Option
Vigilancia del nivel máximo	Option
Aceptación correspondiente a PED 97/23/EG	Standard
Aceptaciones especiales (sobre demanda)	Option

 BITZER Software v6.5.0 rev1607	TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del compresor 14/09/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Recipiente de líquido

Selección de los depositos:

1) "Según la potencia frigorífica":

El volumen del deposito se determina por medio del diseño de la instalación, el modo de funcionamiento y la función del recipiente (recoger en el colector la cantidad completa de fluido refrigerante o solamente igualar variaciones de la potencia). Mediante la clasificación por medio de la potencia frigorífica se obtiene una determinación aproximada del deposito.

En caso de instalaciones con tuberías largas, sistemas de funcionamiento invernal o sistemas muy compactos, es recomendable seleccionar los recipientes conforme al método 2).

2) "Según el volumen de refrigerante en el deposito":

El cálculo se realiza en función de la cantidad de refrigerante indicada. El volumen del deposito se calcula a 20°C y con una cantidad máxima de llenado de 95% del contenido posible del recipiente.


Unidades compresoras sobre recipiente.

La paleta de productos de BITZER comprende grupos de compresores con recipientes horizontales. Estos grupos de compresores disponibles en serie se han marcado indicando "montados" en la línea Grupos de compresores de la ventana de edición de los accesorios. Los grupos de compresores que pueden montarse pero que no forman parte del programa de suministro de Bitzer están marcados con "piezas individuales".

Los grupos de compresores en los que el compresor no va con el recipiente están marcados con "--".

Anexo condensador


Informe realizado por el programa BITZER software 6.4:

 BITZER Software v6.5.0 rev1607	TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del condensador 22/08/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Proyecto de estudio

Selección de compresores
Condensa. enfriados por agua

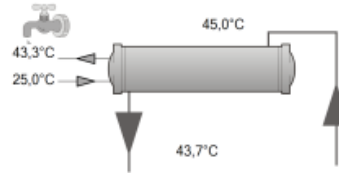
1x K203HB

	<p>TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del condensador</p>
<p>BITZER Software v6.5.0 rev1607</p>	<p>22/08/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio</p>

Selección del Compresor: Condensa. enfriados por agua

Valores de entrada


Modelo de condensador	K203HB
Número de pasos	4
Serie	Resistente al agua de mar
Refrigerante	R404A
Agente enfriador	Agua
Temperatura de condensación	45,0 °C
Temperatura de entrada agua	25,0 °C
Caudal	0,84 m³/h
Líquido subenfriado (después condensador)	1,00 K
Factor de ensuciamiento	0,000040 m²K/W



K203HB (100%)

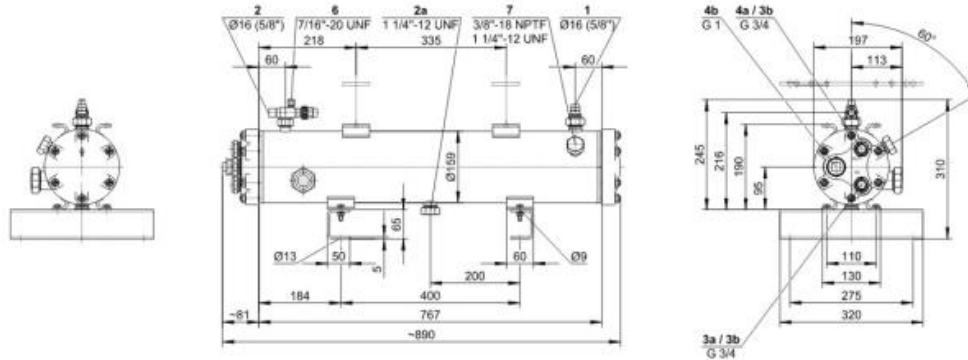
Resultado

Modelo de condensador	K203HB
Número de pasos	4
Capacidad del condensador	17,65 kW
Capacidad máxima admisible	26,5 kW
Temp. de condensación	45,0 °C
Temp. salida agua	43,3 °C
Caudal	0,84 m³/h
Caudal mínimo	0,64 m³/h
Caudal máximo	3,21 m³/h
Velocidad del flujo	0,65 m/s
Pérdida de carga	0,05 bar
Velocidad agua < 1,0 m/s (influencia suciedad!)	

	<p>TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero</p> <p>Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta</p> <p>Selección del condensador</p> <p>BITZER Software v6.5.0 rev1607</p> <p>22/08/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Datos técnicos: K203HB

Dimensiones y conexiones




Datos técnicos

Informaciones técnicas

Peso	27 kg
Anchura total	890 mm
Altura total	310 mm
Diámetro del tubo envolvente	159 mm
Entrada del refrigerante	16 mm - 5/8"
Salida del refrigerante	16 mm - 5/8"
Salida alternativa del refrigerante	1 1/4" - 12 UNF
Entrada del agua (2 Pass)	2 x 3/4"
Salida del agua (2 Pass)	1"
Entrada del agua (4 Pass)	3/4"
Salida del agua (4 Pass)	3/4"
Contenido del recipiente	11,8 dm ³
Máx. carga refrigerante 90% a 20°C	
R22	12,9 kg
R134a	13,0 kg
R407C	12,3 kg
R404A/R507A	11,3 kg
Presión máxima	33 bar
Max. temperatura de trabajo	120°C
Máx presión lado líquido refrigerador	10 bar
mayor conexión entrada disponible	22 mm - 7/8"

Opciones disponibles

adaptador para válvula de seguridad	Option
2 railes de sujección (encima)	Option
2 railes de sujección (debajo)	Standard

 BITZER Software v6.5.0 rev1607	TFG: Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero Realizado por: Cristóbal Yúfera Acosta Selección del condensador 22/08/2016 / Todos los datos son susceptibles de cambio
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Condensa. enfriados por agua

La información sobre el diseño del sistema se da en el menú de ayuda en este módulo del software.

Leyenda y posición de las "Dimensiones":

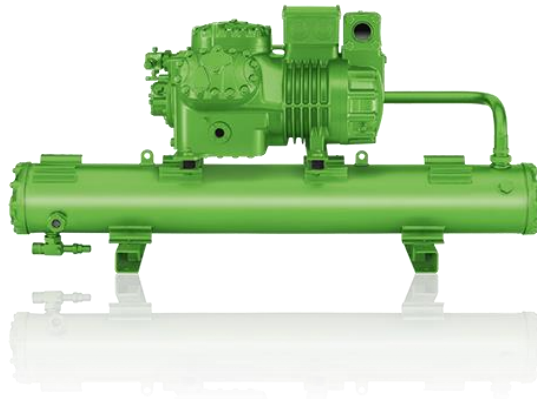
- 1 Entrada del refrigerante
- 2 Salida del refrigerante
- 2a Salida alternativa del refrigerante
- 3 Entrada del agua
- 3a: 4 pass
- 3b: 2 pass
- 4 Salida del agua
- 4a: 4 pass
- 4b: 2 pass
- 5 vaciado agua
- 6 Conexión manómetro
- 7 Conexión de la válvula de sobrepresión

Anexo acoplamiento del compresor con el condensador

Catálogo BITZER

- Dimensiones:

K203HB/4EES-4Y

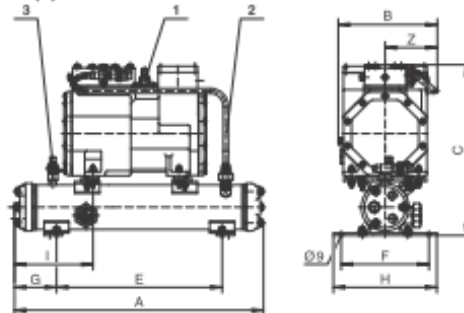


Maßzeichnungen

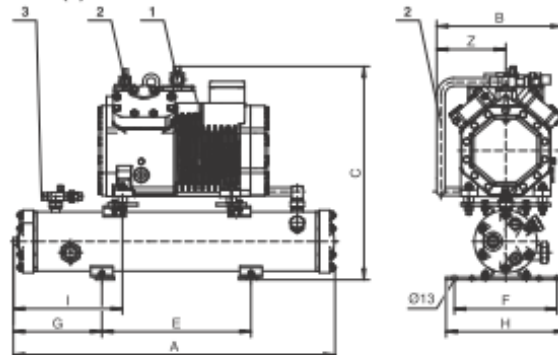
Dimensional drawings

Croquis cotés

K073H/2KES-05(Y) .. K203H/2CES-4(Y)



K203H/4FES-3(Y) .. K813H/4GE-30(Y)





Abmessungen

Dimensions

Dimensions

Verflüssigungssatz Typ Condensing unit type Groupe de condensation type	Abmessungen in mm									
	Dimensions in mm									
	Dimensions en mm									
	A	B	C	E	F	Ø	G	H	I	Z
K073H(B)/2KES-05(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H(B)/2JES-07(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H(B)/2HES-1(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H(B)/2HES-2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H(B)/2GES-2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H(B)/2FES-2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K123H(B)/2FES-3(Y)	852	251	435	400	275	13	227	320	348	112
K123H(B)/2EES-2(Y)	852	323	463	400	275	13	227	320	341	163
K123H(B)/2EES-3(Y)	852	323	463	400	275	13	227	320	341	163
K123H(B)/2DES-2(Y)	852	323	463	400	275	13	227	320	341	163
K123H(B)/2DES-3(Y)	852	323	463	400	275	13	227	320	341	163
K123H(B)/2CES-3(Y)	852	323	463	400	275	13	227	320	341	163
K203H(B)/2CES-4(Y)	863	323	528	400	275	13	238	320	308	163
K203H(B)/4FES-3(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K203H(B)/4FES-5(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K203H(B)/4EES-4(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185

- Potencia frigorífica



R404A ■ R507A

Kälteleistung

bezogen auf 20°C Sauggasttemperatur, mit 5 K Flüssigkeitsunterkühlung

Cooling capacity

relating to 20°C suction gas temperature, with 5 K liquid subcooling

Puissance frigorifique

se référant à une température du gaz d'aspiration de 20°C, avec 5 K sous-refroidissement de liquide

Verflüssigungssatz Typ Condensing unit type Groupe de condensation type	Verfl. Temp °C Cond. temp. °C Temp. de cond. °C	Kälteleistung Cooling capacity Puissance frigorifique											
		Q ₀ [Watt]											
		Verdampfungstemperatur °C				Evaporating temperature °C			Température d'évaporation °C				
		7,5	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
K073H(B)/2KES-05Y	40	4110	3750	3110	2550	2060	1640	1270	960	690	460	270	110
K073H(B)/2JES-07Y	40	5520	5050	4200	3460	2820	2260	1780	1370	1020	720	460	250
K073H(B)/2HES-1Y	40			5270	4350	3560	2860	2270	1750	1320	940	630	370
K073H(B)/2HES-2Y	40	7060	6460	5390	4460	3640	2940	2330	1800	1350	970	650	370
K073H(B)/2GES-2Y	40	8040	7370	6150	5100	4180	3390	2700	2110	1610	1180	820	520
K073H(B)/2FES-2Y	40			7660	6340	5190	4200	3340	2600	1970	1440	990	610
K123H(B)/2FES-3Y	40	9960	9130	7620	6310	5170	4180	3330	2600	1970	1440	990	610
K123H(B)/2EES-2Y	40			9860	8170	6700	5420	4320	3370	2570	1880	1300	810
K123H(B)/2EES-3Y	40	12880	11800	9860	8170	6700	5420	4320	3370	2570	1880	1300	810
K123H(B)/2DES-2Y	40			11750	9750	8020	6510	5200	4080	3120	2310	1620	1040
K123H(B)/2DES-3Y	40	15330	14050	11750	9750	8020	6510	5200	4080	3120	2310	1620	1040
K123H(B)/2CES-3Y	40			14430	12010	9900	8070	6490	5130	3960	2960	2120	1410
K203H(B)/2CES-4Y	40	18760	17210	14430	12010	9900	8070	6490	5130	3960	2960	2120	1410
K203H(B)/4FES-3Y	40			15810	13050	10680	8650	6920	5460	4230	3220	2380	1710
K203H(B)/4FES-5Y	40	20800	18980	15790	13040	10680	8650	6920	5460	4230	3220	2380	1700
K203H(B)/4EES-4Y	40			20000	16550	13550	10980	8790	6930	5370	4070	3000	2130

Anexo válvula de expansión

Informe realizado por el programa Coolselector2(DANFOSS):

Coolselector2



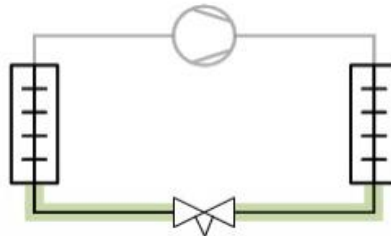
Válvula de expansión electrónica: Válvula de expansión electrónica

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R404A	Capacidad de refrigeración:	11,98 kW
Flujo másico en la línea:	383,5 kg/h	Capacidad de calefacción:	16,67 kW
Temperatura de evaporación:	-8,0 °C	Temperatura de punto de burbuja de cor	45,0 °C
Presión de evaporación:	4,649 bar	Presión de condensación:	20,63 bar
Recalentamiento útil:	12,0 K	Subenfriamiento:	5,0 K
Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	71,3 °C		

Sistema y línea: *Sistema de expansión seca. Línea de líquido con o sin cambio de fase*

Criterios de selección: *Carga: 80 %. Caída de presión en el distribuidor: 0 bar*

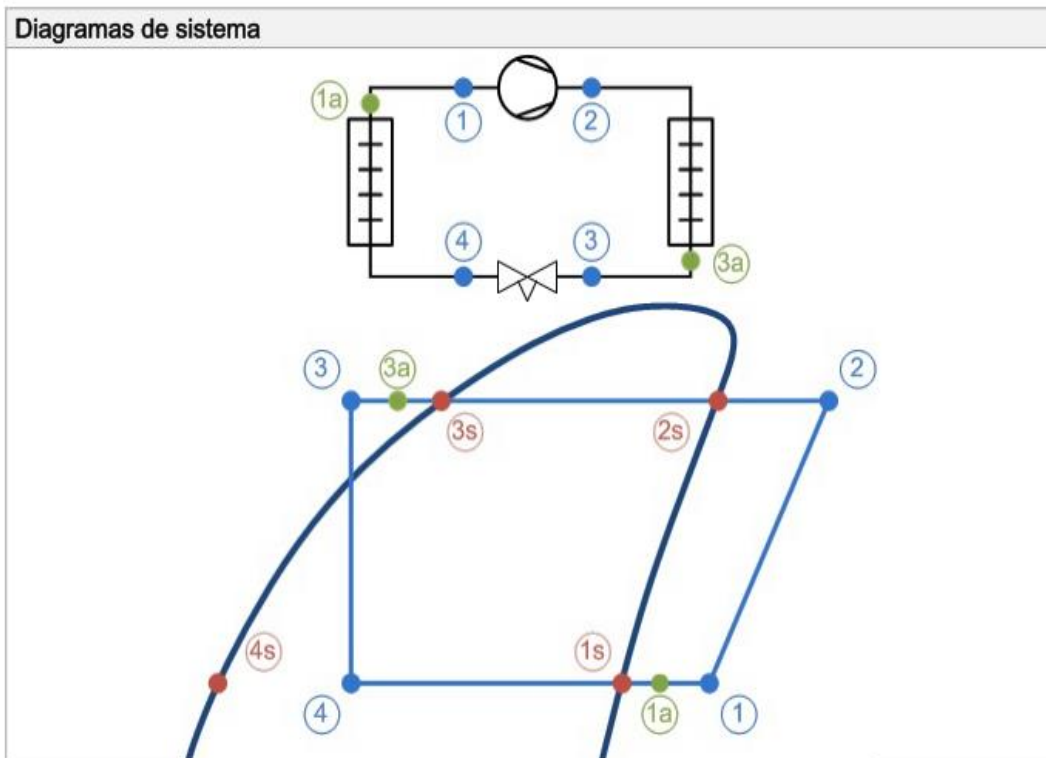


Selección: AKV 15-1



Tipo	AKV 10-6	AKV 10-7	AKV 15-1	AKV 15-2	AKV 15-3
NS	10	12	18	18	22
Capacidad máx. [kW]	10,05	14,28	22,05	35,23	55,26
Capacidad mín. [kW]	1,005	1,428	2,205	3,523	5,526
Carga [%]	119	84	54	34	22
DP [bar]	15,98	15,98	15,98	15,98	15,98
Velocidad, ent. [m/s]	2,19	1,73	0,62	0,62	0,39

Coolselector2



Coolselector2



Puntos de estado

		Temperatura	Presión	Densidad	Entalpía	Entropía
Punto	Descripción	[°C]	[bar]	[kg/m³]	[kJ/kg]	[kJ/(kg·K)]
1	Aspiración del compresor	4,0	4,649	22,03	372,5	1,652
2	Compressor discharge (estimated)	71,3	20,63	92,04	416,5	1,688
2s	Punto de rocío de condensación	45,3	20,63	118,6	381,3	1,581
3s	Punto de burbuja de condensación	45,0	20,63	935,3	268,5	1,227
3a	Salida del condensador	40,0	20,63	966,1	260	1,201
3	Incluyendo subenfriamiento adicional	40,0	20,63	966,1	260	1,201
4	Después de la válvula de expansión	-8,3	4,649	55,32	260	1,228
4s	Punto de burbuja de evaporación	-8,6	4,649	1183	188,3	0,957
1s	Punto de rocío de evaporación	-8,0	4,649	23,6	361,2	1,61
1a	Salida del evaporador	4,0	4,649	22,03	372,5	1,652

Datos de rendimiento de componentes. Sistema:

Capacidad

Capacidad de refrigeración [kW]	= 11,98
Capacidad de refrigeración específica [kJ/kg]	= 112,5
Capacidad de calefacción [kW]	= 16,67
Capacidad de calefacción específica [kJ/kg]	= 156,5
Flujo másico del compresor [kg/h]	= 383,5
Flujo másico del evaporador [kg/h]	= 383,5

Evaporación

Temperatura de evaporación [°C]	= -8,0
Temperatura de punto de rocío de evaporación [°C] ...	= -8,0
Temperatura de punto de burbuja de evaporación [°C] ..	= -8,6
Presión de evaporación [bar]	= 4,649
Recalentamiento útil [K]	= 12,0
Recalentamiento adicional [K]	= 0

Compressor discharge

Discharge temperature [°C]	= 71,3
----------------------------------	--------

Condensación

Temperatura de condensación [°C]	= 45,0
Temperatura de punto de rocío de condensación [°C] ..	= 45,3
Temperatura de punto de burbuja de condensación [°C] =	45,0
Presión de condensación [bar]	= 20,63
Subenfriamiento [K]	= 5,0
Subenfriamiento adicional [K]	= 0

Adicional

Caída de presión máx. en la línea de líquido [bar] ..	= 2,295
-------------------------------------------------------	---------

Coolselector2

**Datos de rendimiento de componentes. Línea:**

Caída de presión total [bar]= 15,98
 Caída total de temperatura de saturación [K] = 53,6
 Flujo másico de la línea [kg/h]= 383,5

Datos de rendimiento de componentes: AKV 15-1

Adicional:

Maximum opening pressure differential [bar] = 22,00
 Max. working pressure (PS/MWP) gauge [bar] .= 42,00
 Temperatura de funcionamiento máxima [°C] ..= 60,0
 Temperatura de funcionamiento mínima [°C] ..= -50,0
 Grado de apertura [%]= 100,00
 Estrangulado= False
 Estado de la válvula= Abierta
 Capacidad [%]= 54,32
 Capacidad máxima [kW]= 22,05
 Tamaño nominal de la entrada [mm]= 18,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch]= 0,75
 Diámetro de entrada [mm]= 15,00
 Tamaño nominal de la salida [mm]= 18,00
 Tamaño nominal de la salida [inch]= 0,75
 Diámetro de salida [mm]= 15,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 18. Salida: 18
 Soldadura cobre ANSI. Entrada: 19. Salida: 19

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	20,63	4,649	-15,98
Temperatura	°C	40,0	-8,3	-48,3
Temperatura de punto de burbuja	°C	45,0	-8,6	-53,6
Temperatura de punto de rocío	°C	45,3	-8,0	-53,3
Densidad	kg/m ³	966,1	55,32	-910,8
Entalpia	kJ/kg	260	260	0
Título	-	0,00	0,41	0,41
Velocidad	m/s	0,62	10,90	10,27

Anexo tuberías

Informe realizado por el programa Coolselector2(DANFOSS):

Coolselector2



Información del proyecto

Nombre del proyecto:	Diseño de una instalación de frío para un buque pesquero arrastrero
Comentarios:	
Creado por:	Cristóbal Yúfera Acosta
Coolselector2 versión:	1.2.3. Base de datos: 9.10.1.4
Imprimido:	Domingo, 18 de Septiembre de 2016
Preferencias utilizadas:	Todas las aplicaciones

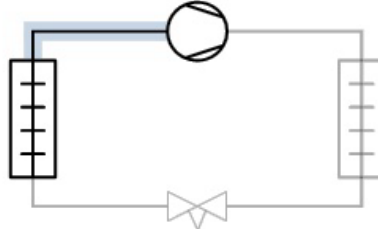
Línea de aspiración o gas aspirado

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R404A	Capacidad de refrigeración:	11,98 kW
Flujo másico en la línea:	381,6 kg/h	Capacidad de calefacción:	16,62 kW
Temperatura de evaporación:	-8,0 °C	Temperatura de punto de rocío de conde:	45,0 °C
Presión de evaporación:	4,649 bar	Presión de condensación:	20,47 bar
Recalentamiento útil:	12,0 K	Subenfriamiento:	5,0 K
Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	70,9 °C		

Sistema y línea: *Expansión seca - Línea de aspiración*

Criterios de selección: *Tamaño: Soldadura cobre DIN-EN / DIN-EN 28 (1 1/10")*



Total de la línea

Caída de presión	0,031 bar
Caída de temperatura de saturación	0,2 K

Posición 1. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 28

	Caída de presión	0,002 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,0 K
	Velocidad, ent.	9,06 m/s
	Conexión	OK

Coolselector2



Posición 2. Tuberías: Tubería de cobre DIN-EN 28		
	Longitud	0,50 m
	Ángulo	0 °
	Caída de presión	0,003 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,0 K
	Velocidad, ent.	9,81 m/s
	Conexión	OK

Posición 3. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 28		
	Caída de presión	0,002 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,0 K
	Velocidad, ent.	9,07 m/s
	Conexión	OK

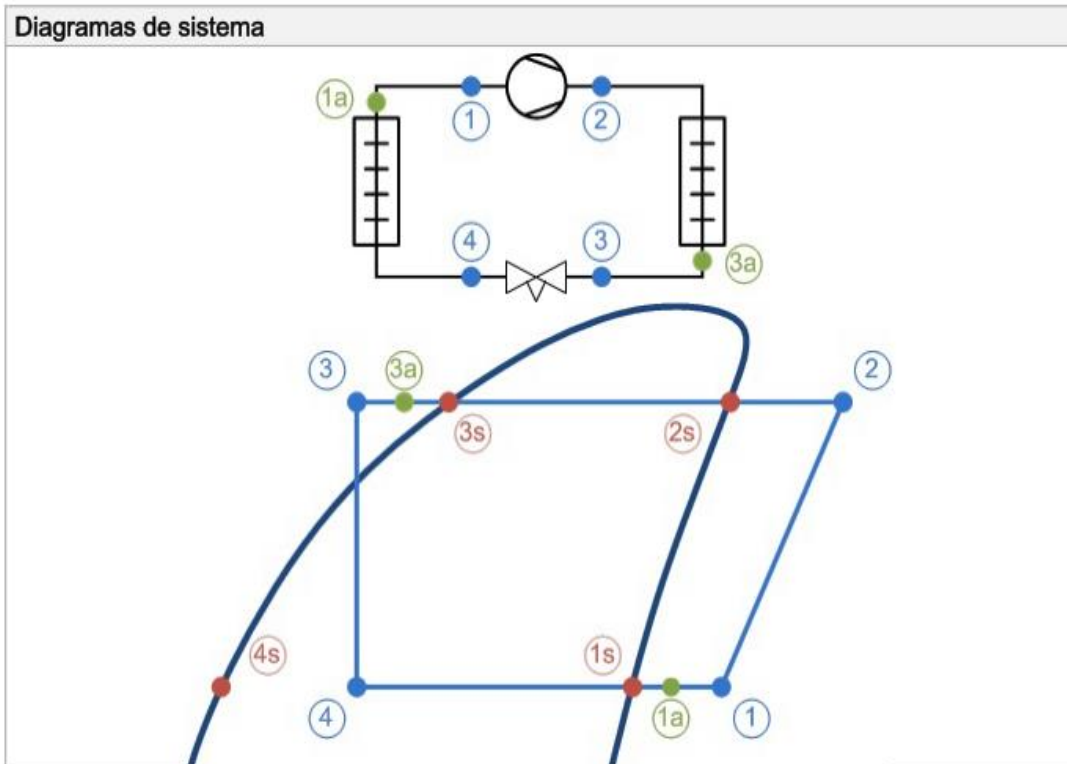
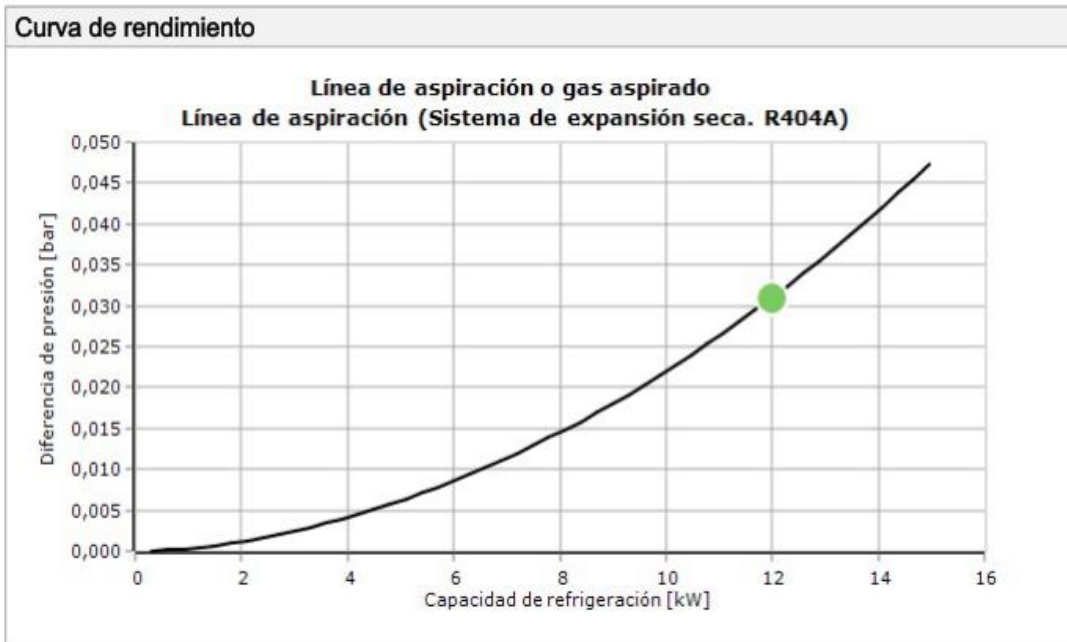
Posición 4. Tuberías: Tubería de cobre DIN-EN 28		
	Longitud	1,00 m
	Ángulo	0 °
	Caída de presión	0,006 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,0 K
	Velocidad, ent.	9,82 m/s
	Conexión	OK

Posición 5. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 28		
	Caída de presión	0,002 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,0 K
	Velocidad, ent.	9,09 m/s
	Conexión	OK

Posición 6. Tuberías: Tubería de cobre DIN-EN 28		
	Longitud	2,50 m
	Ángulo	0 °
	Caída de presión	0,015 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,1 K
	Velocidad, ent.	9,84 m/s
	Conexión	OK

Posición 7. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 28		
	Caída de presión	0,002 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,0 K
	Velocidad, ent.	9,12 m/s
	Conexión	OK

Coolselector2



Coolselector2



Puntos de estado

		Temperatura	Presión	Densidad	Entalpía	Entropía
Punto	Descripción	[°C]	[bar]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/(kg·K)]
1	Aspiración del compresor	4,0	4,649	22,03	372,5	1,652
2	Compresor discharge (estimated)	70,9	20,47	91,31	416,3	1,687
2s	Punto de rocío de condensación	45,0	20,47	117,5	381,3	1,582
3s	Punto de burbuja de condensación	44,7	20,47	937,5	267,9	1,225
3a	Salida del condensador	39,7	20,47	968	259,5	1,199
3	Incluyendo subenfriamiento adicional	39,7	20,47	968	259,5	1,199
4	Después de la válvula de expansión	-8,3	4,649	55,73	259,5	1,226
4s	Punto de burbuja de evaporación	-8,6	4,649	1183	188,3	0,957
1s	Punto de rocío de evaporación	-8,0	4,649	23,6	361,2	1,61
1a	Salida del evaporador	4,0	4,649	22,03	372,5	1,652

Datos de rendimiento de componentes. Sistema:

Capacidad

Capacidad de refrigeración [kW]= 11,98
 Capacidad de refrigeración específica [kJ/kg]= 113
 Capacidad de calefacción [kW]= 16,62
 Capacidad de calefacción específica [kJ/kg]= 156,8
 Flujo másico del compresor [kg/h]= 381,6
 Flujo másico del evaporador [kg/h]= 381,6

Evaporación

Temperatura de evaporación [°C]= -8,0
 Temperatura de punto de rocío de evaporación [°C] ..= -8,0
 Temperatura de punto de burbuja de evaporación [°C] .= -8,6
 Presión de evaporación [bar]= 4,649
 Recalentamiento útil [K]= 12,0
 Recalentamiento adicional [K]= 0

Compresor discharge

Discharge temperature [°C]= 70,9

Condensación

Temperatura de condensación [°C]= 45,0
 Temperatura de punto de rocío de condensación [°C] ..= 45,0
 Temperatura de punto de burbuja de condensación [°C] = 44,7
 Presión de condensación [bar]= 20,47
 Subenfriamiento [K]= 5,0
 Subenfriamiento adicional [K]= 0

Adicional

Caída de presión máx. en la línea de líquido [bar] ..= 2,281

Coolselector2

**Datos de rendimiento de componentes. Línea:**

Caida de presión total [bar]= 0,031
 Caída total de temperatura de saturación [K] = 0,2
 Flujo másico de la línea [kg/h]= 381,6

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 28

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 28,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 1,10
 Diámetro de entrada [mm]= 26,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 28,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] . = 1,10
 Diámetro de salida [mm]= 26,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 28. Salida: 28

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,649	4,648	-0,002
Temperatura	°C	4,0	4,0	0,0
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,6	-8,6	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	-8,0	-8,0	0,0
Densidad	kg/m ³	22,03	22,02	-0,008526
Entalpía	kJ/kg	372,5	372,5	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	9,06	9,07	0,00

Datos de rendimiento de componentes: Tubería de cobre DIN-EN 28

Adicional:

Longitud [m]= 0,50
 Ángulo [deg]= 0,0
 Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 28,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 1,10
 Diámetro de entrada [mm]= 25,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 28,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] . = 1,10
 Diámetro de salida [mm]= 25,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 28. Salida: 28

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,648	4,645	-0,003
Temperatura	°C	4,0	4,0	0,0
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,6	-8,6	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	-8,0	-8,0	0,0

Coolselector2



Densidad	kg/m ³	22,02	22	-0,01515
Entalpía	kJ/kg	372,5	372,5	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	9,81	9,81	0,01

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 28

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 28,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 1,10
 Diámetro de entrada [mm]= 26,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 28,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] .= 1,10
 Diámetro de salida [mm]= 26,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 28. Salida: 28

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,645	4,643	-0,002
Temperatura	°C	4,0	4,0	0,0
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,6	-8,6	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	-8,0	-8,0	0,0
Densidad	kg/m ³	22	22	-0,008939
Entalpía	kJ/kg	372,5	372,5	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	9,07	9,08	0,00

Datos de rendimiento de componentes: Tubería de cobre DIN-EN 28

Adicional:

Longitud [m]= 1,00
 Ángulo [deg]= 0,0
 Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 28,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 1,10
 Diámetro de entrada [mm]= 25,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 28,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] .= 1,10
 Diámetro de salida [mm]= 25,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 28. Salida: 28

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,643	4,637	-0,006
Temperatura	°C	4,0	4,0	0,0
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,6	-8,7	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	-8,0	-8,1	0,0

Coolselector2



Densidad	kg/m ³	22	21,97	-0,03032
Entalpia	kJ/kg	372,5	372,5	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	9,82	9,83	0,01

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 28

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 28,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 1,10
 Diámetro de entrada [mm]= 26,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 28,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] .= 1,10
 Diámetro de salida [mm]= 26,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 28. Salida: 28

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,637	4,635	-0,002
Temperatura	°C	4,0	4,0	0,0
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,7	-8,7	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	-8,1	-8,1	0,0
Densidad	kg/m ³	21,97	21,96	-0,008953
Entalpia	kJ/kg	372,5	372,5	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	9,09	9,09	0,00

Datos de rendimiento de componentes: Tubería de cobre DIN-EN 28

Adicional:

Longitud [m]= 2,50
 Ángulo [deg]= 0,0
 Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 28,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 1,10
 Diámetro de entrada [mm]= 25,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 28,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] .= 1,10
 Diámetro de salida [mm]= 25,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 28. Salida: 28

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,635	4,620	-0,015
Temperatura	°C	4,0	3,9	0,0
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,7	-8,8	-0,1
Temperatura de punto de rocío	°C	-8,1	-8,2	-0,1

Coolselector2



Densidad	kg/m ³	21,96	21,88	-0,0759
Entalpía	kJ/kg	372,5	372,5	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	9,84	9,87	0,03

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 28

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 28,00

Tamaño nominal de la entrada [inch] = 1,10

Diámetro de entrada [mm]= 26,00

Tamaño nominal de la salida [mm] ..= 28,00

Tamaño nominal de la salida [inch] . = 1,10

Diámetro de salida [mm]= 26,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 28. Salida: 28

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,620	4,618	-0,002
Temperatura	°C	3,9	3,9	0,0
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,8	-8,8	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	-8,2	-8,2	0,0
Densidad	kg/m ³	21,88	21,87	-0,008983
Entalpía	kJ/kg	372,5	372,5	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	9,12	9,13	0,00

Coolselector2



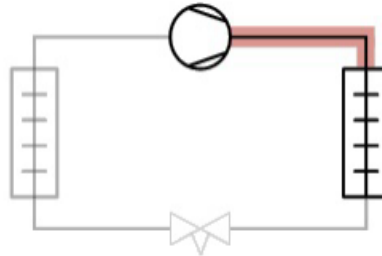
Línea de descarga o gas a presión

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R404A	Capacidad de refrigeración:	11,98 kW
Flujo másico en la línea:	381,6 kg/h	Capacidad de calefacción:	16,62 kW
Temperatura de evaporación:	-8,0 °C	Temperatura de punto de rocío de conde:	45,0 °C
Presión de evaporación:	4,649 bar	Presión de condensación:	20,47 bar
Recalentamiento útil:	12,0 K	Subenfriamiento:	5,0 K
Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	70,9 °C		

Sistema y línea: *Expansión seca - Línea de descarga*

Criterios de selección: *Tamaño: Soldadura cobre DIN-EN / DIN-EN 12 (1/2")*



Total de la línea

Caída de presión	0,062 bar
Caída de temperatura de saturación	0,1 K

Posición 1. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 12



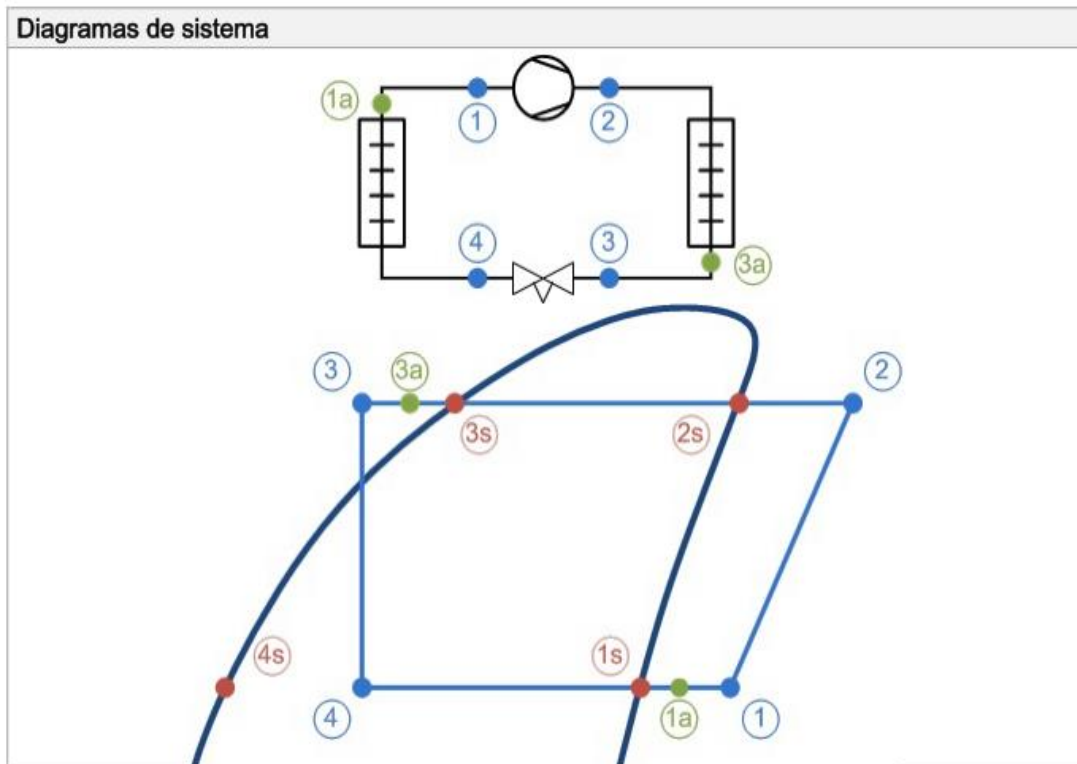
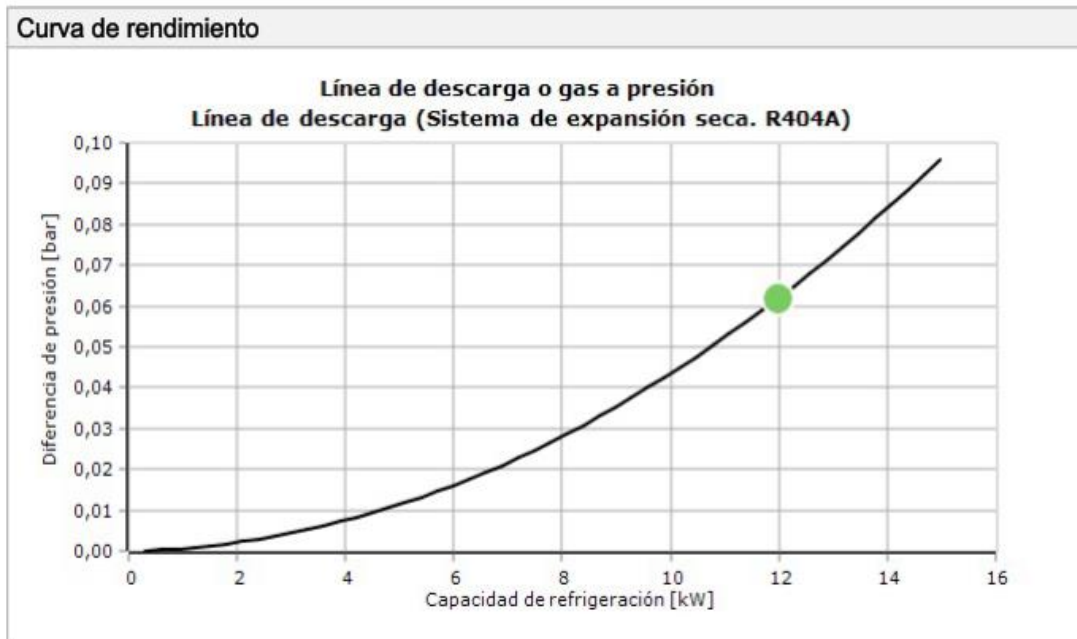
Caída de presión	0,019 bar
Caída de temperatura de saturación	0,0 K
Velocidad, ent.	14,78 m/s
Conexión	OK

Posición 2. Tuberías: Tubería de cobre DIN-EN 12



Longitud	0,30 m
Ángulo	0 °
Caída de presión	0,043 bar
Caída de temperatura de saturación	0,1 K
Velocidad, ent.	14,80 m/s
Conexión	OK

Coolselector2



Coolselector2



Puntos de estado

		Temperatura	Presión	Densidad	Entalpia	Entropía
Punto	Descripción	[°C]	[bar]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/(kg·K)]
1	Aspiración del compresor	4,0	4,649	22,03	372,5	1,652
2	Compressor discharge (estimated)	70,9	20,47	91,31	416,3	1,687
2s	Punto de rocío de condensación	45,0	20,47	117,5	381,3	1,582
3s	Punto de burbuja de condensación	44,7	20,47	937,5	267,9	1,225
3a	Salida del condensador	39,7	20,47	968	259,5	1,199
3	Incluyendo subenfriamiento adicional	39,7	20,47	968	259,5	1,199
4	Después de la válvula de expansión	-8,3	4,649	55,73	259,5	1,226
4s	Punto de burbuja de evaporación	-8,6	4,649	1183	188,3	0,957
1s	Punto de rocío de evaporación	-8,0	4,649	23,6	361,2	1,61
1a	Salida del evaporador	4,0	4,649	22,03	372,5	1,652

Datos de rendimiento de componentes. Sistema:

Capacidad

Capacidad de refrigeración [kW]= 11,98
 Capacidad de refrigeración específica [kJ/kg]= 113
 Capacidad de calefacción [kW]= 16,62
 Capacidad de calefacción específica [kJ/kg]= 156,8
 Flujo másico del compresor [kg/h]= 381,6
 Flujo másico del evaporador [kg/h]= 381,6

Evaporación

Temperatura de evaporación [°C]= -8,0
 Temperatura de punto de rocío de evaporación [°C] ...= -8,0
 Temperatura de punto de burbuja de evaporación [°C] .= -8,6
 Presión de evaporación [bar]= 4,649
 Recalentamiento útil [K]= 12,0
 Recalentamiento adicional [K]= 0

Compressor discharge

Discharge temperature [°C]= 70,9

Condensación

Temperatura de condensación [°C]= 45,0
 Temperatura de punto de rocío de condensación [°C] ..= 45,0
 Temperatura de punto de burbuja de condensación [°C] = 44,7
 Presión de condensación [bar]= 20,47
 Subenfriamiento [K]= 5,0
 Subenfriamiento adicional [K]= 0

Adicional

Caída de presión máx. en la línea de líquido [bar] ..= 2,281

Coolselector2

**Datos de rendimiento de componentes. Línea:**

Caída de presión total [bar]= 0,062
 Caída total de temperatura de saturación [K] = 0,1
 Flujo másico de la línea [kg/h]= 381,6

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 12

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 12,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,47
 Diámetro de entrada [mm]= 10,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 12,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] .= 0,47
 Diámetro de salida [mm]= 10,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 12. Salida: 12

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	20,47	20,45	-0,019
Temperatura	°C	70,9	70,9	0,0
Temperatura de punto de burbuja	°C	44,7	44,6	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	45,0	45,0	0,0
Densidad	kg/m ³	91,31	91,2	-0,1027
Entalpía	kJ/kg	416,3	416,3	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	14,78	14,80	0,02

Datos de rendimiento de componentes: Tubería de cobre DIN-EN 12

Adicional:

Longitud [m]= 0,30
 Ángulo [deg]= 0,0
 Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 12,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,47
 Diámetro de entrada [mm]= 10,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 12,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] .= 0,47
 Diámetro de salida [mm]= 10,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 12. Salida: 12

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	20,45	20,41	-0,043
Temperatura	°C	70,9	70,8	-0,1
Temperatura de punto de burbuja	°C	44,6	44,5	-0,1
Temperatura de punto de rocío	°C	45,0	44,9	-0,1

Coolselector2



Densidad	kg/m ³	91,2	90,98	-0,227
Entalpía	kJ/kg	416,3	416,3	0
Título	-	1,00	1,00	0,00
Velocidad	m/s	14,80	14,83	0,04

Coolselector2



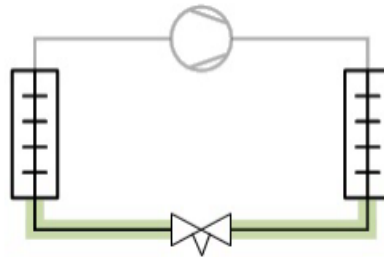
Línea de líquido

Condiciones de funcionamiento

Refrigerante:	R404A	Capacidad de refrigeración:	11,98 kW
Flujo másico en la línea:	383,5 kg/h	Capacidad de calefacción:	16,67 kW
Temperatura de evaporación:	-8,0 °C	Temperatura de punto de burbuja de cor	45,0 °C
Presión de evaporación:	4,649 bar	Presión de condensación:	20,63 bar
Recalentamiento útil:	12,0 K	Subenfriamiento:	5,0 K
Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K
Temperatura de descarga:	71,3 °C		

Sistema y línea: *Expansión seca - Línea de líquido con o sin cambio de fase*

Criterios de selección: *Tamaño: Soldadura cobre DIN-EN / DIN-EN 12 (1/2")*



Total de la línea

Caída de presión	15,98 bar
Caída de temperatura de saturación	53,6 K

Posición 1. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 12



Caída de presión	0,002 bar
Caída de temperatura de saturación	0,0 K
Velocidad, ent.	1,40 m/s
Conexión	OK

Posición 2. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 12



Caída de presión	0,002 bar
Caída de temperatura de saturación	0,0 K
Velocidad, ent.	1,40 m/s
Conexión	OK

Posición 3. Tuberías: Tubería de cobre DIN-EN 12



Longitud	1,50 m
Ángulo	0 °
Caída de presión	0,025 bar
Caída de temperatura de saturación	0,1 K
Velocidad, ent.	1,40 m/s
Conexión	OK

Coolselector2



Posición 4. Tuberías: Expansor de cobre DIN-EN 12 x 18		
	Caída de presión	0,001 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,0 K
	Velocidad, ent.	1,40 m/s
	Conexión	OK

Posición 5. Válvula de expansión electrónica: AKV 15-1		
	Capacidad máx.	21,98 kW
	Capacidad mín.	2,198 kW
	Carga	54 %
	Caída de presión	15,88 bar
	Caída de temperatura de saturación	53,1 K
	Velocidad, ent.	0,62 m/s
	Estado de la válvula	Abierta
	Conexión	OK

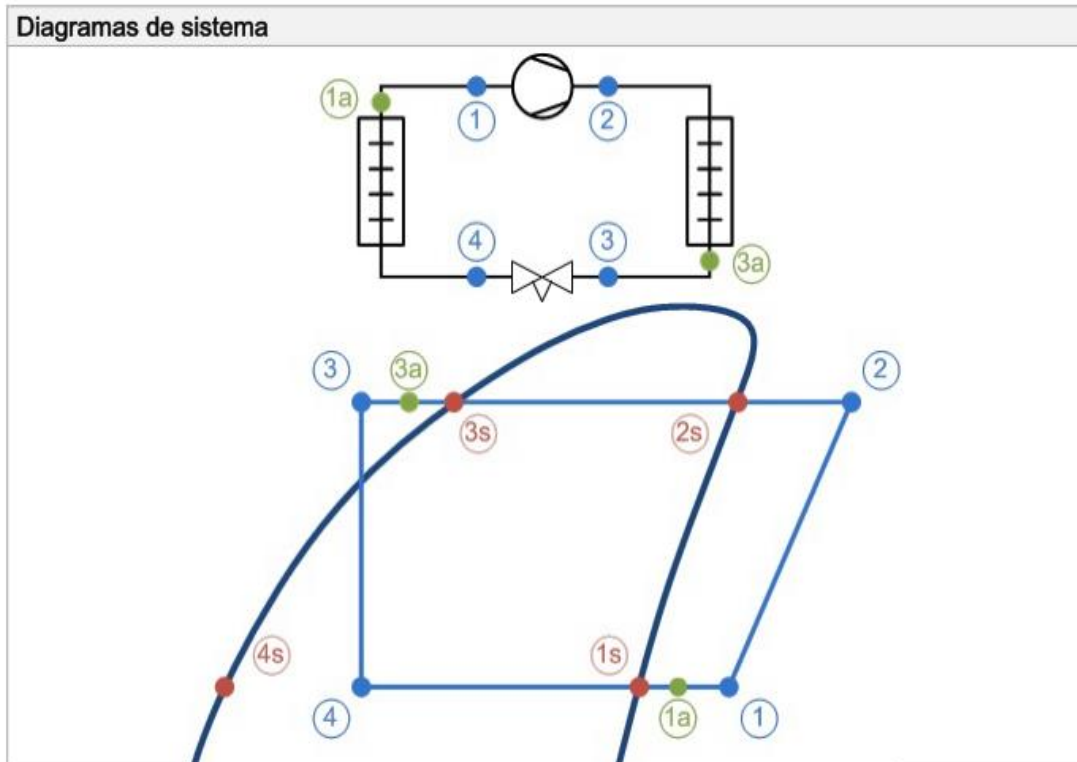
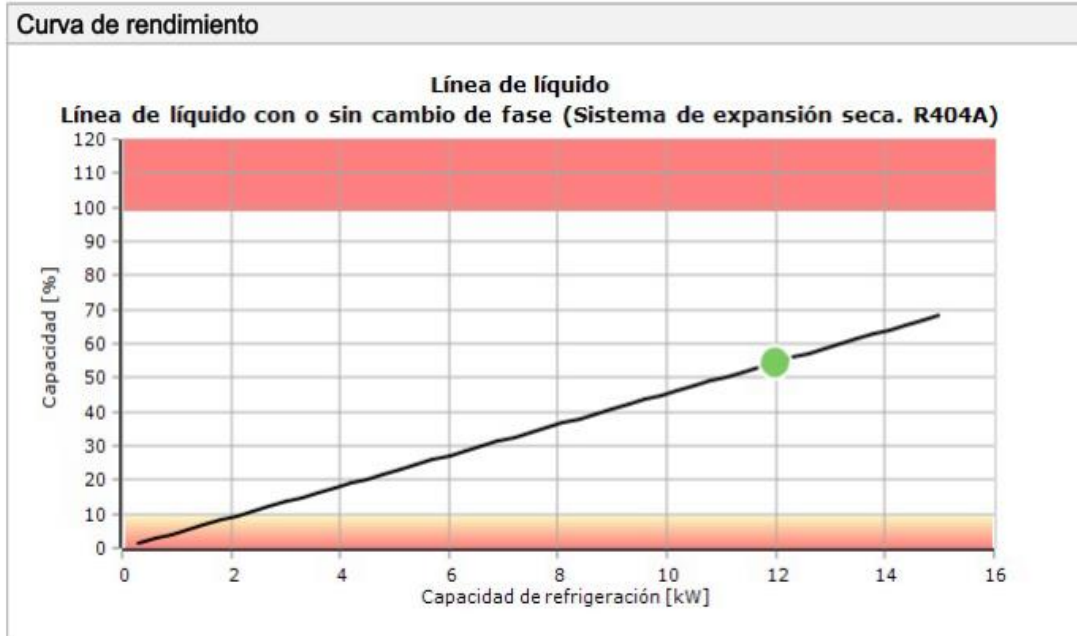
Posición 6. Tuberías: Tubería de cobre DIN-EN 18		
	Longitud	0,80 m
	Ángulo	0 °
	Caída de presión	0,027 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,2 K
	Velocidad, ent.	9,38 m/s
	Conexión	OK

Posición 7. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 18		
	Caída de presión	0,008 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,1 K
	Velocidad, ent.	9,46 m/s
	Conexión	OK

Posición 8. Tuberías: Tubería de cobre DIN-EN 18		
	Longitud	0,80 m
	Ángulo	0 °
	Caída de presión	0,027 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,2 K
	Velocidad, ent.	9,48 m/s
	Conexión	OK

Posición 9. Tuberías: Codo de cobre 90 DIN-EN 18		
	Caída de presión	0,008 bar
	Caída de temperatura de saturación	0,1 K
	Velocidad, ent.	9,55 m/s
	Conexión	OK

Coolselector2



Coolselector2



Puntos de estado

		Temperatura	Presión	Densidad	Entalpía	Entropía
Punto	Descripción	[°C]	[bar]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/(kg·K)]
1	Aspiración del compresor	4,0	4,649	22,03	372,5	1,652
2	Compresor discharge (estimated)	71,3	20,63	92,04	416,5	1,688
2s	Punto de rocío de condensación	45,3	20,63	118,6	381,3	1,581
3s	Punto de burbuja de condensación	45,0	20,63	935,3	268,5	1,227
3a	Salida del condensador	40,0	20,63	966,1	260	1,201
3	Incluyendo subenfriamiento adicional	40,0	20,63	966,1	260	1,201
4	Después de la válvula de expansión	-8,3	4,649	55,32	260	1,228
4s	Punto de burbuja de evaporación	-8,6	4,649	1183	188,3	0,957
1s	Punto de rocío de evaporación	-8,0	4,649	23,6	361,2	1,61
1a	Salida del evaporador	4,0	4,649	22,03	372,5	1,652

Datos de rendimiento de componentes. Sistema:

Capacidad

Capacidad de refrigeración [kW]	= 11,98
Capacidad de refrigeración específica [kJ/kg]	= 112,5
Capacidad de calefacción [kW]	= 16,67
Capacidad de calefacción específica [kJ/kg]	= 156,5
Flujo másico del compresor [kg/h]	= 383,5
Flujo másico del evaporador [kg/h]	= 383,5

Evaporación

Temperatura de evaporación [°C]	= -8,0
Temperatura de punto de rocío de evaporación [°C] ...	= -8,0
Temperatura de punto de burbuja de evaporación [°C] ..	= -8,6
Presión de evaporación [bar]	= 4,649
Recalentamiento útil [K]	= 12,0
Recalentamiento adicional [K]	= 0

Compresor discharge

Discharge temperature [°C]	= 71,3
----------------------------------	--------

Condensación

Temperatura de condensación [°C]	= 45,0
Temperatura de punto de rocío de condensación [°C] ..	= 45,3
Temperatura de punto de burbuja de condensación [°C] =	45,0
Presión de condensación [bar]	= 20,63
Subenfriamiento [K]	= 5,0
Subenfriamiento adicional [K]	= 0

Adicional

Caída de presión máx. en la línea de líquido [bar] ..	= 2,295
-------------------------------------------------------	---------

Coolselector2

**Datos de rendimiento de componentes. Línea:**

Caida de presión total [bar]= 15,98
 Caída total de temperatura de saturación [K] = 53,6
 Flujo másico de la línea [kg/h]= 383,5

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 12

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 12,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,47
 Diámetro de entrada [mm]= 10,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 12,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] . = 0,47
 Diámetro de salida [mm]= 10,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 12. Salida: 12

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	20,63	20,62	-0,002
Temperatura	°C	40,0	40,0	0
Temperatura de punto de burbuja	°C	45,0	45,0	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	45,3	45,3	0,0
Densidad	kg/m ³	966,1	966,1	0
Entalpía	kJ/kg	260	260	0
Título	-	0,00	0,00	0,00
Velocidad	m/s	1,40	1,40	0

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 12

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 12,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,47
 Diámetro de entrada [mm]= 10,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 12,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] . = 0,47
 Diámetro de salida [mm]= 10,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 12. Salida: 12

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	20,62	20,62	-0,002
Temperatura	°C	40,0	40,0	0
Temperatura de punto de burbuja	°C	45,0	45,0	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	45,3	45,3	0,0
Densidad	kg/m ³	966,1	966,1	0
Entalpía	kJ/kg	260	260	0

Coolselector2



Título	-	0,00	0,00	0,00
Velocidad	m/s	1,40	1,40	0

Datos de rendimiento de componentes: Tubería de cobre DIN-EN 12

Adicional:

Longitud [m]= 1,50
 Ángulo [deg]= 0,0
 Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 12,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,47
 Diámetro de entrada [mm]= 10,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 12,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] .= 0,47
 Diámetro de salida [mm]= 10,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 12. Salida: 12

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	20,62	20,60	-0,025
Temperatura	°C	40,0	40,0	0
Temperatura de punto de burbuja	°C	45,0	44,9	-0,1
Temperatura de punto de rocío	°C	45,3	45,3	-0,1
Densidad	kg/m ³	966,1	966,1	0
Entalpía	kJ/kg	260	260	0
Título	-	0,00	0,00	0,00
Velocidad	m/s	1,40	1,40	0

Datos de rendimiento de componentes: Expansor de cobre DIN-EN 12 x 18

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 12,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,47
 Diámetro de entrada [mm]= 10,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 18,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] .= 0,71
 Diámetro de salida [mm]= 16,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 12. Salida: 18

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	20,60	20,60	-0,001
Temperatura	°C	40,0	40,0	0
Temperatura de punto de burbuja	°C	44,9	44,9	0,0
Temperatura de punto de rocío	°C	45,3	45,3	0,0
Densidad	kg/m ³	966,1	966,1	0
Entalpía	kJ/kg	260	260	0

Coolselector2



Titulo	-	0,00	0,00	0,00
Velocidad	m/s	1,40	0,55	-0,86

Datos de rendimiento de componentes: AKV 15-1

Adicional:

Maximum opening pressure differential [bar] =	22,00
Max. working pressure (PS/MWP) gauge [bar] . =	42,00
Temperatura de funcionamiento máxima [°C] .. =	60,0
Temperatura de funcionamiento mínima [°C] .. =	-50,0
Grado de apertura [%]	100,00
Estrangulado	False
Estado de la válvula	Abierta
Capacidad [%]	54,49
Capacidad máxima [kW]	21,98
Tamaño nominal de la entrada [mm]	18,00
Tamaño nominal de la entrada [inch]	0,75
Diámetro de entrada [mm]	15,00
Tamaño nominal de la salida [mm]	18,00
Tamaño nominal de la salida [inch]	0,75
Diámetro de salida [mm]	15,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 18. Salida: 18
Soldadura cobre ANSI. Entrada: 19. Salida: 19

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	20,60	4,720	-15,88
Temperatura	°C	40,0	-7,9	-47,9
Temperatura de punto de burbuja	°C	44,9	-8,1	-53,1
Temperatura de punto de rocío	°C	45,3	-7,6	-52,8
Densidad	kg/m ³	966,1	56,46	-909,6
Entalpía	kJ/kg	260	260	0
Titulo	-	0,00	0,41	0,41
Velocidad	m/s	0,62	10,68	10,05

Coolselector2


Datos de rendimiento de componentes: Tubería de cobre DIN-EN 18

Adicional:

Longitud [m]= 0,80
 Ángulo [deg]= 0,0
 Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 18,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,71
 Diámetro de entrada [mm]= 16,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 18,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] . = 0,71
 Diámetro de salida [mm]= 16,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 18. Salida: 18

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,720	4,693	-0,027
Temperatura	°C	-7,9	-8,1	-0,2
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,1	-8,3	-0,2
Temperatura de punto de rocío	°C	-7,6	-7,7	-0,2
Densidad	kg/m ³	56,46	56,02	-0,4412
Entalpía	kJ/kg	260	260	0
Título	-	0,41	0,41	0,00
Velocidad	m/s	9,38	9,46	0,07

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 18

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 18,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,71
 Diámetro de entrada [mm]= 16,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 18,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] . = 0,71
 Diámetro de salida [mm]= 16,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 18. Salida: 18

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,693	4,685	-0,008
Temperatura	°C	-8,1	-8,1	-0,1
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,3	-8,4	-0,1
Temperatura de punto de rocío	°C	-7,7	-7,8	-0,1
Densidad	kg/m ³	56,02	55,89	-0,1293
Entalpía	kJ/kg	260	260	0
Título	-	0,41	0,41	0,00
Velocidad	m/s	9,46	9,48	0,02

Coolselector2


Datos de rendimiento de componentes: Tubería de cobre DIN-EN 18

Adicional:

Longitud [m]= 0,80
 Ángulo [deg]= 0,0
 Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 18,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,71
 Diámetro de entrada [mm]= 16,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 18,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] . = 0,71
 Diámetro de salida [mm]= 16,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 18. Salida: 18

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,685	4,657	-0,027
Temperatura	°C	-8,1	-8,3	-0,2
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,4	-8,5	-0,2
Temperatura de punto de rocío	°C	-7,8	-7,9	-0,2
Densidad	kg/m ³	55,89	55,45	-0,443
Entalpía	kJ/kg	260	260	0
Título	-	0,41	0,41	0,00
Velocidad	m/s	9,48	9,55	0,08

Datos de rendimiento de componentes: Codo de cobre 90 DIN-EN 18

Adicional:

Tamaño nominal de la entrada [mm] ..= 18,00
 Tamaño nominal de la entrada [inch] = 0,71
 Diámetro de entrada [mm]= 16,00
 Tamaño nominal de la salida [mm] ...= 18,00
 Tamaño nominal de la salida [inch] . = 0,71
 Diámetro de salida [mm]= 16,00

Connections:

Soldadura cobre DIN-EN. Entrada: 18. Salida: 18

Valor	Unidad	Entrada	Salida	Diferencia
Presión	bar	4,657	4,649	-0,008
Temperatura	°C	-8,3	-8,3	-0,1
Temperatura de punto de burbuja	°C	-8,5	-8,6	-0,1
Temperatura de punto de rocío	°C	-7,9	-8,0	-0,1
Densidad	kg/m ³	55,45	55,32	-0,1298
Entalpía	kJ/kg	260	260	0
Título	-	0,41	0,41	0,00
Velocidad	m/s	9,55	9,58	0,02

Anexo instalación de frío

A continuación se mostrara el desarrollo de la instalación de frío, realizado con programa de diseño RHINOCEROS.

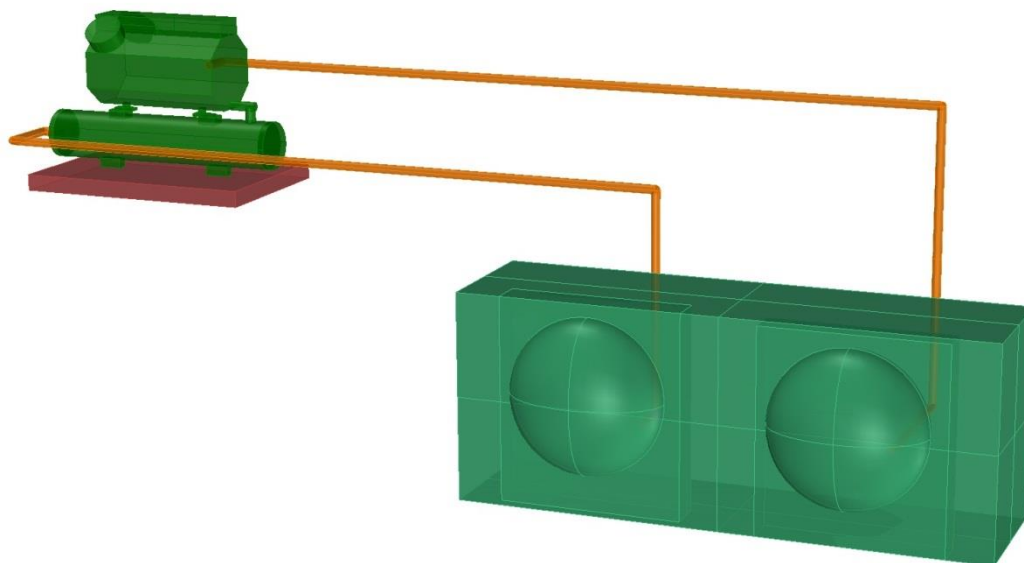


Figura 24: Instalación de frío



Figura 25: Perfil de la bodega (vacía) con instalación de frío

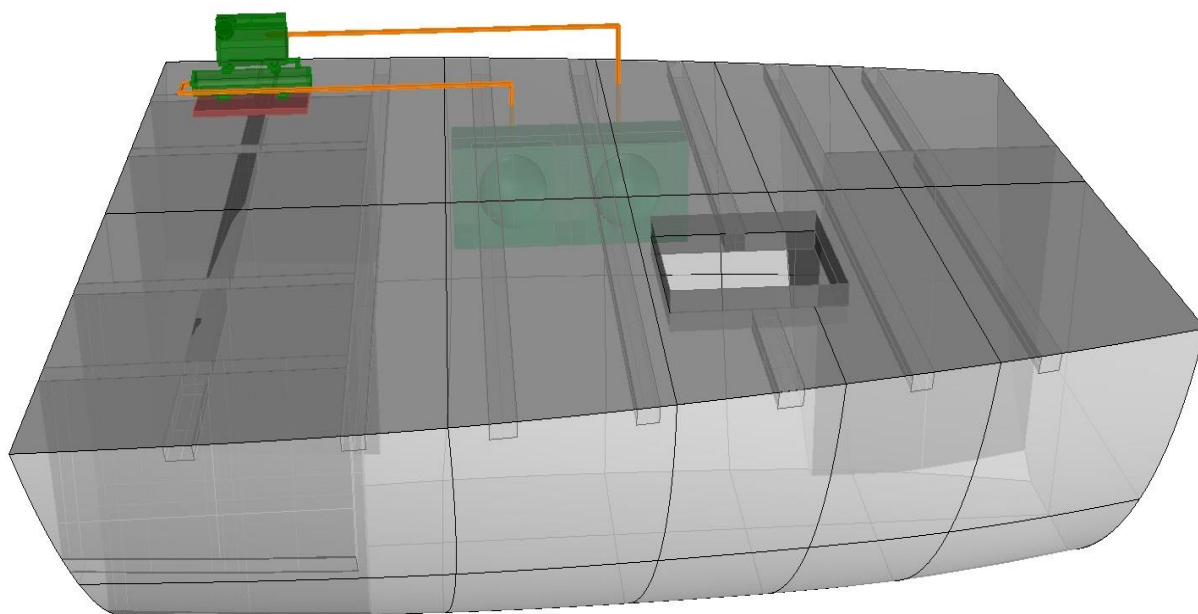


Figura 26: Perspectiva bodega (vacía) con instalación de frío

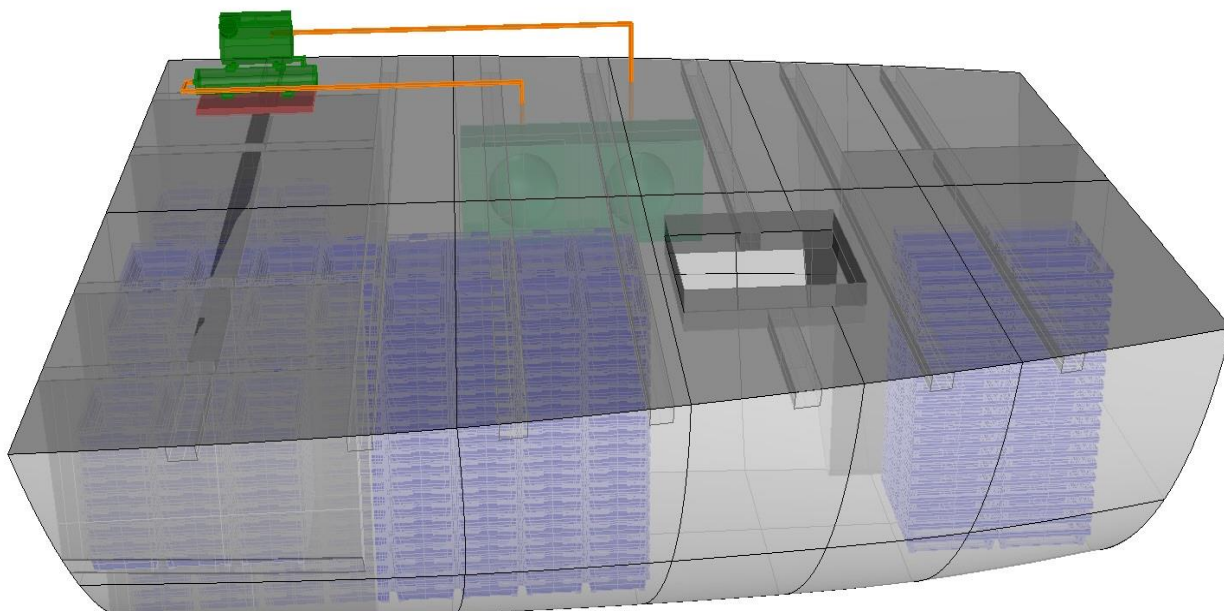


Figura 27: Perspectiva bodega llena con instalación de frío