

GRADO EN MARINA

TRABAJO FIN DE GRADO

SOLUCIÓN AL PROBLEMA DEL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Estudiante: Velasco Hernández, Esteban

Director/Directora: Basterretxea, Aingeru

Curso: 2023-2024

Fecha: En Barakaldo, a 19 de Marzo de 2024

AGRADECIMIENTO

Al finalizar el presente trabajo queremos dejar plasmado nuestro agradecimiento a la empresa atunera PEVASA por darnos una oportunidad de integrarnos en su plantilla y enrolarnos en el buque BP PLAYA DE RIS, el más moderno de la flota de la empresa.

Al Jefe de Máquinas del PLAYA DE RIS por su constante exigencia, confianza y tratar de que aprendamos lo más rápido posible. A parte, por la confianza depositada al ascenderme a 1º Oficial de máquinas (2º Maquinista) en nuestra quinta campaña en la mar.

A los Jefes de Maquinas del PLAYA DE RIS por su paciencia, ayuda y comprensión.

Al profesor AINGERU BASTERRETXEA por sus conocimientos que ayudaron a concluir el presente trabajo.

Y los demás autores citados en dicho trabajo por su gran investigación.

RESUMEN

Queremos plantear el problema que es la formación de hielo en las superficies de transmisión de calor en un sistema de congelación del atún en un buque atunero, y una solución técnica para evitarlo. Para ello, las preguntas adecuadas son: ¿el por qué de la congelación del atún?, ¿el por qué y la causa de la formación de hielo en las superficies de intercambio de calor?, ¿Cuáles son las diferentes técnicas que podemos aplicar?, A posteriori, daremos explicación a cada de una de ellas, imágenes y breve explicación del proceso, equipo, etc, para aportar una solución global al citado problema.

Acerca de la congelación del atún hay muchísima literatura escrita, puesto que hay detrás una gran industria pesquera y conservera, que cuenta con una gran flota de buques atuneros, los cuales están en constante investigación y modernización para mejorar sus rendimientos y resultados.

Para realizar este trabajo he utilizado tanto la propia experiencia personal a bordo del buque, como diversa documentación obtenida de varias formas (elaboración propia, cálculos realizados, datos suministrados por la empresa, etc.) y referidas a los diversos temas: calidad del atún para el consumo humano, técnicas de congelación, técnica para la realización de la salmuera y sus propiedades, realización del la disolución de Cloruro Cálcico y sus propiedades, sistemas y equipos para este propósito y por ultimo, sistemas y equipos a bordo del buque BP PLAYA DE RIS de la compañía atunera PEVASA.

Al desarrollar este trabajo, obteniendo información, etc. he llegado a diversos resultados que me han ayudado a encauzar una solución al problema de la generación de hielo, teniendo en cuenta una serie de factores de la mayor importancia: el porqué del atún en la dieta humana; la problemática de congelar el atún en el menor tiempo posible; mantener la muera en las mejores condiciones posibles; evitar la formación de hielo y que técnicas son las más adecuadas para ello. Después de sopesar todos estos factores, la pregunta que nos hacemos es: ¿es posible, en todo momento, evitar la formación de este hielo que provoca una gran pérdida de rendimiento en la instalación?.

Los resultados obtenidos se basan básicamente en el diseño o técnica de congelación operativa en el buque PLAYA DE RIS. Es una técnica muy extendida entre los buques atuneros, fiable, fácil de aplicar, de muy buenos resultados y barata a la hora de instalar y explotar.

Palabras clave:

Trabajo fin de Grado, Barcos atuneros, Congelación del atún, Salmuera, Equipos de frio.

ABSTRACT

We have raised the problem of the formation of ice on the heat transfer surfaces in the tuna freezing system on a tuna vessel. For this, the questions answered are: the reason for the freezing of the tuna?, the reason and cause of the formation of ice on the heat exchange surfaces?, different techniques?, explanation of one of them, images and brief explanation of the process, equipment, etc.

On the subject of tuna freezing there is a lot written since there is a large industry and a large fleet of tuna vessels which are constantly researching and modernizing to improve results.

To carry out this work I have used, apart from my own personal experience, diverse documentation referring to the various topics: quality of tuna for human consumption, freezing techniques, making brine and properties, making the Calcium Chloride solution and properties, systems and equipment for this purpose and finally systems and equipment on board the ship PLAYA DE RIS of the tuna company PEVASA.

By working on this project, obtaining information, etc., I have reached various results, the reason for tuna in the human diet, the problem of freezing tuna in the shortest possible time, keeping the shell in the best possible conditions, avoiding the formation of ice and which techniques are most appropriate for it. And the question we ask ourselves: is it possible at all times to prevent the formation of this ice that causes the installation to lose performance?.

The results obtained are based on the design or operational freezing technique on the PLAYA DE RIS vessel. It is a very widespread technique among tuna vessels, reliable, easy to apply, with very good results and cheap to install and operate.

Keywords:

Final Degree Project, Tuna Boats, Tuna Freezing, Brine, Cold Equipment.

LABURPEN

Hegaluzea izozteko sisteman bero-transmisioko gainazaletan izotza sortzearen arazoa planteatu dugu atunontzi batean. Horretarako, erantzundako galderak hauek dira: ¿hegaluzea izoztearen arrazoia?, ¿bero-trukerako gainazaletan izotza sortzearen arrazoia eta arrazoia?, ¿teknika desberdinak?, horietako baten azalpena, irudiak eta prozesuaren azalpen laburra, ekipamendua, etab.

Hegaluzea izoztearen gaiari buruz asko idatzita dago industria handi bat eta atunontzien flota handi bat baitaude, etengabe ikertzen eta modernizatzen ari direnak emaitzak hobetzeko.

Lan hau burutzeko nire esperientzia pertsonalaren zati bat erabili dut, hainbat gairi buruzko dokumentazio anitza: giza kontsumorako hegaluzearen kalitatea, izozteko teknikak, gatzun eta propietateak egitea, Kaltzio kloruroaren disoluzioa eta horretarako propietateak, sistemak eta ekipoak egitea eta, azkenik, PEVASA atun konpainiaren PLAYA DE RIS itsasontziko sistemak eta ekipoak.

Proiektu honetan landuz, informazioa lortuz, etab., hainbat emaitza lortu ditut, hegaluzearen arrazoia giza elikaduran, hegaluzea ahalik eta denbora laburrenean izozteko arazoa, oskola ahalik eta baldintza onenetan mantentzea, izotza sortzea saihestuz eta horretarako zein teknikak diren egokienak. Eta geure buruari egiten diogun galdera: posible al da uneoro instalazioak errendimendua galtzea eragiten duen izotz hori sortzea saihestea?.

Lortutako emaitzak, funtsean, PLAYA DE RIS ontziaren diseinu edo izozte operatiboaren teknikan oinarritzen dira. Atunontzien artean oso hedatuta dagoen teknika da, fidagarria, aplikatzeko erraza, emaitza oso onak dituen eta instalatzeko eta ustiatzeko merkea.

Gako-hitzak:

Gradu Amaierako Lanak, Hegaluzeak, Hegaluzeak izoztea, Gatzak, Hotzak Ekipamendua.

ÍNDICE

<u>INTRODUCCIÓN</u>		1
<u>MEMORIA</u>		3
CAPITULO 1	Introducción a la congelación del atún y pérdida de eficiencia	3
1.1	Problema	3
1.2	Justificación	3
1.3	Objetivos	4
1.4	Metodología	4
CAPITULO 2	Marco teórico	6
2.1	Importancia del pescado en la dieta humana	6
2.2	Características generales del atún	6
2.3	Especies de atún con importancia comercial	7
2.4	Condiciones en la recepción de la materia prima	7
2.5	Proceso de conservación del atún en los barcos atuneros	8
2.6	Preparación de la Salmuera	9
2.7	Características de la Salmuera	10
2.8	Preparación de la Disolución de Cloruro Cálcico	13
2.9	Características de la Disolución de Cloruro Cálcico	15
2.10	Captura del Pescado	22
CAPITULO 3	Sistema de congelación del buque atunero PLAYA DE RIS	24
3.1	Equipos y características	24
CAPITULO 4	Cálculos de la carga térmica	43
4.1	Debidas a paredes, techo y suelo	43
4.2	Debidas a la congelación del atún	44
4.3	Otras cargas	45
4.4	Total de cargas térmicas	46
CAPITULO 5	Cálculo del aislante	47
CAPITULO 6	Ciclo frigorífico del amoniaco	49
CAPITULO 7	Teoría de la transmisión de calor por conducción	52
7.1	Trasmisión de calor	52
CAPITULO 8	Problemática de la formación de hielo	59
8.1	Intercambiador Amoniaco / Disolución de Cloruro Cálcico	59
8.2	Intercambiador Disolución de Cloruro Cálcico / Salmuera	64

METODOLOGÍA Y CONCLUSIONES

CAPITULO 9	Metodología seguida	67
CAPITULO 10	Resultados y conclusiones	72
10.1	Resultados	72
10.2	Conclusiones y Soluciones	75
BIBLIOGRAFIA		76
TABLAS Y FIGURAS		79
ANEXO I	Normativa aplicable y vigente	81
ANEXO II	Planos, esquemas y datos termodinámicos	83
ANEXO III	Datos de campo	99

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

INTRODUCCIÓN

Las prácticas asociadas al consumo del atún en la dieta humana han sufrido cambios y transformaciones dependiendo de la zona geográfica y del tiempo histórico. En la época actual, se ve asociado a una dieta de calidad y de gran consumo. Esto nos introduce en una de las técnicas de conservación del atún, desde que se captura en alta mar, se recibe en la cuba y se congela en ella: la congelación del atún en salmuera (disolución de agua y cloruro sódico).

El principal objetivo de este trabajo es evitar la pérdida de la eficiencia de la instalación de frío debido a la formación de hielo en las superficies de los serpentines e intercambiadores de calor, proponiendo una solución técnica. Un objetivo secundario es dar a conocer el mundo de la pesca y conservación del atún, aparte de conseguir una solución técnica que redunde en beneficio propio y de la empresa.

Esta revisión nos llevara a entender cuáles son las tendencias actuales en la congelación del atún y, más en concreto, de la congelación del atún mediante la inmersión en salmuera. Para ello, explicaremos que se logra mediante un sistema de frío indirecto, En primer lugar, se enfría una disolución de Cloruro Cálcico (mediante un ciclo termodinámico de frío por amoniaco) y este enfría a la salmuera, la cual congela y conserva las capturas obtenidas de atún. También veremos un ejemplo concreto documentado en el buque atunero BP PLAYA DE RIS.

Para realizar este trabajo se han consultado diversas fuentes bibliográficas, tanto libros como manuales técnicos, así como mi propia experiencia a bordo de los barcos mercantes, y más concretamente en el sector de la pesca del atún.

Este trabajo consta de cuatro partes implícitas. En la primera parte del trabajo se encontrará la conceptualización y los aspectos generales del consumo y congelación del atún. En esta parte, el lector podrá ponerse en contexto a través de la explicación de los términos y acepciones usadas en la pesca de los túnidos, y, así mismo, se explicarán los términos más importantes relacionados con el tema. También se introducirán las características más generales del tema, como son: la conservación del atún en las mejores condiciones, el objetivo principal como tal, dar a conocer la técnica de congelación de atún sumergido en salmuera, etc.

La segunda parte del trabajo consta de la historia del atún en la dieta humana, su conservación, la obtención de buena calidad, descripción de la técnica de la congelación, preparación de esta,

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

características y datos termodinámicos de los diferentes fluidos implicados. En esta parte, se incluirán los cálculos de las cargas térmicas, (espesor de aislante, ciclo de frío por amoníaco, teoría de la transmisión de calor por conducción, etc) para la determinación de la instalación, siendo este punto la definición del marco teórico.

Más adelante, ya en la tercera parte, se describirán ejemplos documentados a bordo del buque atunero BP PLAYA DE RIS.

Para finalizar, en la cuarta parte, el lector podrá encontrar los resultados (datos de campo obtenidos y la bibliografía consultada), la solución propuesta y las conclusiones.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

CAPITULO 1

Introducción a la congelación del atún y pérdida de eficiencia.

En el presente trabajo se hará una breve explicación de la congelación del atún, método de congelación por inmersión en salmuera (preparación y características) y equipo a bordo para este fin.

A su vez se trata de abordar la problemática de la formación de hielo en las superficies de los serpentines e intercambiadores de calor, intentando hallar diferentes soluciones para evitar la pérdida de eficiencia de la instalación.

Para ello nos ayudemos de la Tesis de Grado realizada por Alexander Molina Salazar y Anderson Fabian Molina Salazar. (2007). *Variación de la salinidad de la pesca de atún en un barco atunero de N.I.R.S.A.* (Tesis de Grado). Universidad Técnica del Norte, Escuela de Ingeniería Agroindustrial [1] para focalizar el problema que se plantea solucionar.

1.1. Problema

En el mundo que vivimos actualmente debido a la alta competencia entre empresas, normas estatales y sanitarias, exigencias de mercado local y exterior. Se han de aplicar unas normas de control muy estrictas, lo que hace que las empresas investiguen e innoven para no quedar detrás de la competencia y llegar incluso a desaparecer.

Los clientes exigen unos estándares de calidad en la materia prima que reciben para procesar. Aunque en el barco se realizan diferentes controles de calidad, las concentraciones de sal dentro de la carne del atún, no suele ser uniforme en toda su superficie. Por ello, es un problema para ellos que ha de solucionarse a bordo.

Por ello, es de crucial importancia la congelación del producto a las temperaturas especificadas en el menor tiempo posible. Aquí entra en juego la potencia de la instalación de frío, así como su eficiencia y el manejarla para conseguir toda la potencia que esta pueda dar en todo momento.

1.2. Justificación

La ahora de procesar el atún hay que tener una buena materia prima para conseguir un producto de alta calidad y que cumpla las exigencias impuestas. También hay que cumplir con los clientes en las compras realizadas. Para ello hay que optimizar e innovar en todos los procesos que conlleva esta industria.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Por esta razón el estudio del proceso de congelación del atún es de suma importancia para evitar una gran concentración de sal en el atún.

Para evitar la entrada de sal en el cuerpo del atún (ya que se encuentra sumergido en salmuera) hay que congelarlo lo antes posible para así sellar la piel, ya que es la única barrera para evitar la entrada de sal y su concentración en el atún a niveles no permitidos por el mercado y autoridades sanitarias.

1.3 Objetivos

Uno de los objetivos del presente trabajo es explicar de una forma sencilla el proceso de congelación del atún a bordo del buque atunero BP PLAYA DE RIS, así como explicar el sistema que hay instalado a bordo.

A su vez abordar de una forma teórica y extensa la problemática de la formación de hielo en los serpentines e intercambiadores de calor de este tipo de instalaciones de frío, como la búsqueda de diferentes soluciones tecnológicas para evitar este problema que conlleva la pérdida de eficiencia y por tanto de potencia de la instalación, traduciéndose en mayores tiempos de congelación.

Estos mayores tiempos de congelación pueden acarrear pérdida de calidad del producto:

- Mal aspecto visual.
- Desgarro de la piel del atún.
- Presencia de bacterias, extaminas y demás compuestos por putrefacción.
- Concentración de sal en el atún no permitida legalmente.
- Aplastamiento del atún de las capas inferiores de la cuba.

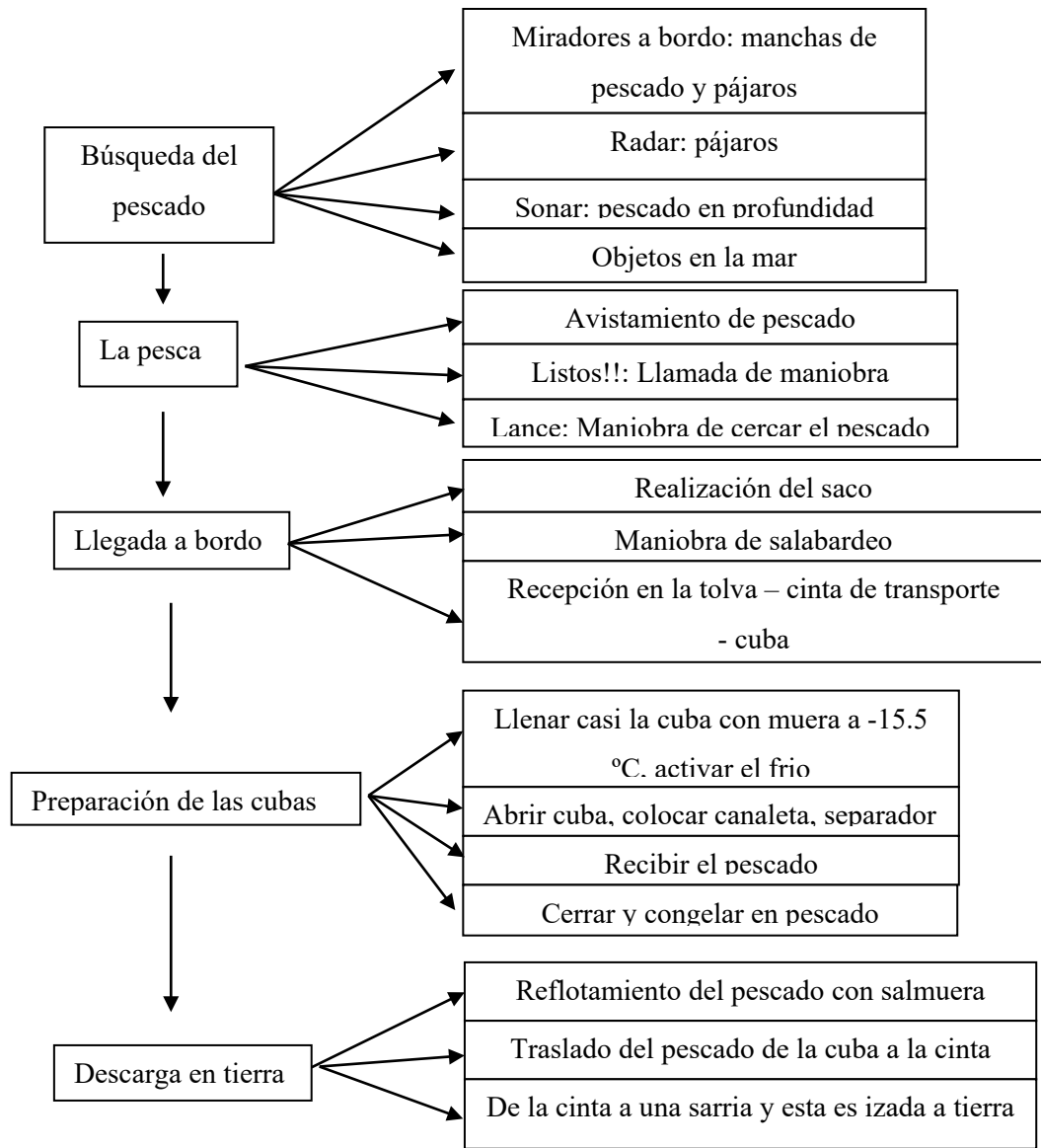
1.4 Metodología

En este apartado describiremos brevemente todo lo referido a la captura del atún. Todos los procesos que se describen a continuación hay que realizarlos lo más rápido posible para intentar obtener la mejor calidad del producto preparando las cubas del pescado, (aquí es donde se produce la formación de hielo).

La Metodología a seguir será: explicación teórica de los procesos termodinámicos, análisis de las propiedades y propiedades termodinámicas de los diferentes fluidos, toma de datos de campo y análisis visual.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Fig 1.- Diagrama de bloques (Fuente; elaboración propia)



SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

CAPITULO 2

Marco Teórico

2.1 Importancia del pescado en la dieta humana.

Según se cita en la publicación realizada por Huss, HH. (1997) *Aseguramiento de la calidad de los productos pesquero*. FAO Documento Técnico de Pesca. No.334. Roma. FAO. 3p. [2]

Desde la antigüedad el pescado ha sido una excelente fuente de alimento muy popular, con gran aporte de proteína de origen animal y muy saludable respecto a carne con contenido en grasas denominadas no saludables respecto a las del pescado que si lo son.

Debido a que la tasa de mortalidad en los países desarrollados a aumentado por enfermedades cardiovasculares y las investigaciones llevadas a cabo se a determinado que una dieta rica en especies de peces de bajo contenido en grasa y con ácidos grasos poli-insaturados (Omega-3) es muy beneficioso para la salud.

2.2 Características generales del atún. [2]

Según la idea que se quiere transmitir en la publicación: Huss, HH. (1997) *Aseguramiento de la calidad de los productos pesquero*. FAO Documento Técnico de Pesca. No.334. Roma. FAO. 3p. [2].

Los atunes poseen un cuerpo muy hidrodinámico que les permiten ser muy buenos nadadores debido a la forma de su cuerpo y cabeza. Con escamas pequeñas, piel dura y resistente, lubricada que reduce la fricción.

Son característicos por tener dos aletas dorsales en forma de arco con dos terminaciones puntiagudas adquiriendo la forma de media luna característica. Estas están muy próximas, son rígidas y robustas.

El color de la piel en la zona del dorso es azul oscuro, la zona de vientre blanco plateado con reflejos y las aletas varían entre el pardo y el amarillo.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

2.3 Especies de atún con importancia comercial

Este apartado está basado en la publicación de la página web: *Denominaciones del atún*.
<https://www.clubdelamar.org/clase.htm> [3] ya no disponible.

En el océano hay una gran variedad de túnidos con diferente calidad para el paladar y la industria. Para poder distinguirlos se les ha dado una denominación comercial aparte de su denominación científica.

- THYNNUS THYNNUS o comúnmente denominado Atún Rojo.
Presenta un cuerpo azulado con líneas en el vientre en sentido longitudinal a su cuerpo robusto. La carne rojiza que presenta es de gran valor para la industria, así como para el paladar. Pueden llegar a medir hasta 3 metros y pesar 400 Kg.
- THUNNUS ALALUNGA o comúnmente denominado Atún Blanco o Albacora.
Su cuerpo tiene varios colores, en el dorso predomina el azul oscuro y en el vientre el blanco. Aletas pectorales grandes. Su carne se utiliza para conservar enlatadas. Pueden llegar a medir 1 metro.
- THUNNUS ALBACARES o comúnmente denominado Aleta Amarilla o Rabil.
Cuerpo similar al del Thunnus Alalunga con la única diferencia en sus aletas a lo largo de la cola de color amarillo. Su carne es de menor calidad.
- SARDA SARDA o comúnmente denominado Bonito.
De tamaño pequeño se localiza principalmente en el Mediterráneo.
- THUNNUS ALBACARES, THUNNUS OBESUS, EUTHYNNUS PELAMIS o comúnmente denominados Atún Claro.
Presente en zonas de los océanos y mares de aguas tropicales y ecuatoriales.

2.4 Condiciones en la recepción de la materia prima

En el capítulo presente se mencionarán varios aspectos presentes en las siguientes publicaciones:

- FAO. (1989.) *Manual de Control de Calidad de los Alimentos*. Roma. 9p. [4]
- Paterson, P.H. y Burns, Frank D. (1984) *Absorción de Sal, y Formación de Histamina y Panal en Atún congelado en Salmuera*. United States Tuna Foundation. San Diego. Cali. 35p [5]

Cuando se recibe la materia prima por parte de las industrias, se llevan a cabo diferentes controles para ver en qué condiciones se recibe la pesca y si pasan los estándares de calidad exigidos. Unos

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

de los controles más importantes es el control de presencia de sal en la carne del atún, ya que esta determina si se puede utilizar para consumo directo, enlatado u otro mercado determinado.

Según los estándares exigidos por las autoridades, la presencia de más de un 3% de sal en carne desecha el atún para consumo humano.

2.5 Proceso de conservación del atún en los barcos atuneros.

Según la propia experiencia a bordo de un buque atunero y lo citado en el manual editado, N.I.R.S.A. Dpo. Control de Calidad. (2005) *Manual de Manejo del Proceso de Congelación del Atún* [6] en el barco el proceso es el siguiente:

Para poder llenar las bodegas en esta clase de buques, estos suelen estar en alta mar alrededor de 1 mes aproximadamente. Esto varía según los víveres, gas-oíl, repuestos y demás aspectos operacionales de cada buque.

Este atún ha de congelarse para evitar la pérdida de calidad del producto y la entrada de sal a través de la piel. Para ello se pueden utilizar diferentes métodos, en este TFG abordaremos la congelación del atún mediante la inversión en salmuera a -15°C . La pérdida de calidad se puede apreciar por la presencia de histaminas y descomposición.

A continuación, se explica el proceso para congelar el atún:

Cuando el atún ha sido pescado, se lo recibe en una cuba cuya capacidad es alrededor de 90 toneladas, la cual contiene salmuera a 19 grados Baume de concentración, con una temperatura alrededor de -15°C . Esta temperatura se consigue enfriando previamente la salmuera, habiendo activado previamente el sistema de frío del cual están provistas todas las cubas, y cuyo refrigerante es una solución de cloruro cálcico a 27.5 grados Baume.

Este fluido circula por unos serpentines que se encuentran alrededor de toda la cuba y su objetivo es recibir al atún en esta salmuera a baja temperatura y congelar el pescado, es decir bajar su temperatura a -15°C o menos si es posible. Para una correcta congelación del producto, nos interesa cerrar los poros de la piel del atún, y esto se logra en un lapso de 12 a 24 horas. Mientras el tiempo que el barco está en altamar, se puede bajar esta temperatura y una vez logrado, bajar más la citada temperatura de pesca, se sigue dando frío hasta alcanzar y mantener la temperatura deseada.

En este momento, aparecen unos de los problemas que queremos abordar. A medida que se va recibiendo el atún, la salmuera se va contaminando con el agua del mar y la sangre del atún, lo que

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

conlleva una bajada de densidad del fluido, que se traduce en un aumento del punto de congelación de la salmuera pudiéndose formar hielo en los serpentines de las cubas (esto hace la pérdida de eficiencia en la transmisión de calor al actuar como aislante).

La técnica utilizada para capturar el pescado es el cerco, mediante “el lance” se captura el pescado.

2.6 Preparación de la Salmuera.

Para abordar este apartado desarrollaremos las ideas expuestas en la publicación de Paterson, P.H. y Burns, Frank D. (1984) *Absorción de Sal, y Formación de Histamina y Panal en Atún congelado en Salmuera*. United States Tuna Foundation. San Diego. Cali. 55-58p [7] y las ampliaremos con las experiencia propia adquirida con el tiempo.

La salmuera se prepara al inicio del viaje de pesca, agregando sal en la cantidad adecuada a un par de cubas vacías, llenándolas con agua de mar limpia y circulándolas hasta conseguir la densidad deseada. Una vez obtenida se trasiega a la cuba almacén para que decante las impurezas unas 24 horas una vez llena. Se repite el proceso hasta conseguir disolver toda la sal, la que queda en fondo de la cuba que no se disuelve se desecha. Una vez decantada las impurezas la salmuera nueva (densidad de 21.5 grados Baume) se trasiega a la cuba almacén. Luego se aplica la refrigeración a esta salmuera y se mantiene de -17.8 a -9.4 °C. En necesario mencionar que al enfriar la salmuera gana densidad pasando a 23.3 grados Baume (punto límite).

Para realizar la denominada Salmuera (disolución de Cloruro Sódico en Agua de Mar) se utiliza sal en escamas del tamaño a un grano de arroz para favorecer su disolución. Hay que intentar que esta sal se lo más pura posible, libre de otras sustancias que pueden ser perjudicial para la calidad del producto y la transmisión de calor. La sal viene en sacos o a granel según se solicite, es indiferente.

Para saber la cantidad de sal que ha de pedirse, nos podemos basar en la propia experiencia a bordo del buque ya que cada barco es diferente. Para obtener una salinidad determinada hay que conocer el volumen de la cuba para la cantidad de disolvente y soluto a agregar, esta es la teoría. Pero en la práctica se carga toda la sal en dos cubas y se añade agua de mar más o menos según la experiencia y se renueva. Se controla la densidad de la disolución hasta alcanzar la adecuada y se trasiega. Si queda sal todavía se vuelve a repetir el proceso hasta terminar con ella. El trasiego se realiza a un tanque almacén para que decante material no deseado que puede ser perjudicial o a la vez que la sal de no se disuelve, la cual precipita.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Hay que mencionar que una vez acabados estos procesos es conveniente limpiar y retirar el material depositado de las cubas.

Para asegurarse que la sal incorporada se disuelva, la solución debe de agitarse; para ello se activa el circuito de regadío de la cuba (aspira en la parte inferior de la cuba y echa en forma de ducha por la parte de superior de esta.

La solubilidad de la Sal en el agua de mar disminuye con el aumento de densidad de la disolución y la bajada de temperatura, esto hay que tener muy en cuenta para preparar dicha disolución en el menor tiempo posible. La salmuera nueva obtenida una vez almacenada debe mantenerse unos 3 °C de su punto de congelación para poder usarse si fuera necesario, evitar la precipitación de sal, así como la formación de hielo. **Hay que tener especial atención con la Salmuera usada, ya que la presencia de sustancias contaminantes como puede ser sangre, proteínas o otros materiales provoca que la lectura del densímetro sea errónea (por propia experiencia suele llegar a 1° Baume, es decir una Salmuera vieja de 19° Baume realmente es de 18° Baume.**

Lo normal es que salmuera usada se guarde y se use en el siguiente viaje debido a sus costes e importancia operativa para la descarga del atún. Hay que recordar que la presencia de otras sustancias hace que la lectura del densímetro sea errónea. Si la salinidad de la salmuera va disminuyendo comúnmente se refuerza esta con salmuera nueva de mayor densidad, simplemente se extrae cierta cantidad de salmuera vieja de la cuba y se agrega salmuera nueva de mayor densidad. Acto seguido se procede a activar la recirculación para que se mezclen.

2.7 Características de la Salmuera

Según se describe en la publicación: Paterson, P.H. y Burns, Frank D. (1984) *Absorción de Sal, y Formación de Histamina y Panal en Atún congelado en Salmuera*. United States Tuna Foundation. San Diego. Cali. 60-63p [8].

Para congelar el pescado sumergido en un fluido utilizaremos una disolución de Agua de mar (con una salinidad del 3.5%) cuyo punto de congelación es de -2°C con Cloruro Sódico. Este produce que el punto de congelación disminuya. Por ejemplo, una disolución con densidad del 19%, se congela a -15°C

El punto eutéctico de este tipo de disoluciones es con 23.3% de densidad congelándose a -21.1°C.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Cuando la temperatura de la salmuera es reducida a su punto de congelación, se forman cristales de hielo puro; los cuales se adhieren a los serpentines y la piel de los atunes formando bloques que dificultan la descarga del atún. “La sal que se encontraba disuelta en la ahora agua congelada, se disuelve en los remanentes de Salmuera, aumentando su salinidad. Si se continúa el proceso de eliminación de temperatura, la formación de hielo puro continúa y la salinidad aumenta hasta que llega a su punto eutéctico. **Cuando la Salmuera eutéctica se congela, se forman una mezcla de cristales de hielo puro y cristales de sal.**”

Si se tiene salmuera de mayor densidad a la del punto eutéctico a la hora enfriarlas llegaremos a una temperatura en la cual parte de sal va a precipitar hasta llegar a la densidad del punto eutéctico. **De manera que el uso de Salmuera con una concentración mayor que la del punto eutéctico en una cuba con pescado, es un desperdicio de sal porque la obtención de un punto de congelación más elevado no ocurre.**

A continuación, las propiedades físicas y termodinámicas de las disoluciones de salmuera:

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

JORNADA TÉCNICA
LA VIALIDAD INVERNAL
Y EL COMPROMISO CON LA MOVILIDAD

3. SALMUERA DE CLORURO SÓDICO

RESUMEN

- A mayor concentración de soluto,**
mayor desorden,
mayor entropía en la disolución
menor temperatura de congelación
mayor descenso crioscópico

CONCENTRACION DE LA SOLUCIÓN (%)	PUNTO DE CONGELACION DE LA SOLUCIÓN (°C)
12,09%	-7
14,25%	-8
16,27%	-12
17,93%	-15
20,00%	-16,2
22,10%	-17,5
23,10%	-21,1

Tabla 1. Punto de congelación de la salmuera de Cloruro Sódico. [30]

(Fuente: M^a de los Ángeles Basurto Álvarez. (2023). *JORNADA TECNICA, La Vialidad Invernal y el compromiso con la movilidad, Aplicación de Fundentes Líquidos. Salmueras*)

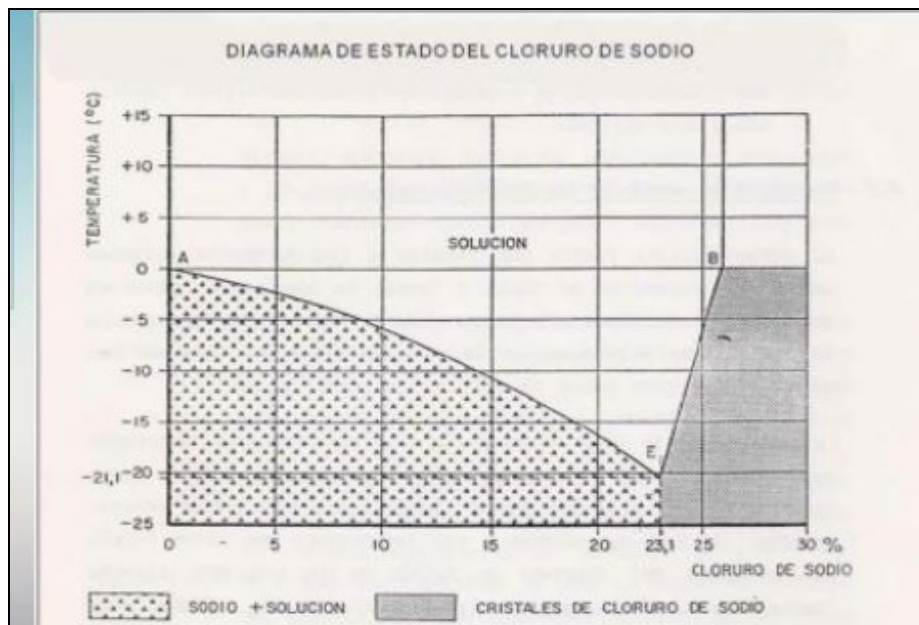


Figura 2. Diagrama de estado del Cloruro de Sodio. [30]

(Fuente: M^a de los Ángeles Basurto Álvarez. (2023). *JORNADA TECNICA, La Vialidad Invernal y el compromiso con la movilidad, Aplicación de Fundentes Líquidos. Salmueras*)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

T °C	Salmuera	Solución (en peso) %	Densidad (g/cm ³)	Calor específico (kcal/kg ^o C)	Conductividad térmica kcal/m ² ·°C·h	Viscosidad (centipoises)	Punto de Congelación (°C)	Punto de ebullición (°C)	L/ frigoría por 10°C por variación	hb "	Vb "	Costo relativo por libra de solución
-1	Cloruro de sodio	12	1.092	0.86	0.417	2.2	-8	101.7	0.347	4.594	0.49	1
	Cloruro de calcio	12	1.108	0.83	0.476	2.4	-7.2	100.5	0.357	4.740	0.54	3
	Agua con metanol	15	0.985	1.00	0.417	3.2	-10.3	88.1	0.334	3.813	0.80	13
	Agua con etanol	20	0.977	1.04	0.402	5.5	-11.1	87.2	0.323	3.031	1.40	20
	Etilenglicol	25	1.036	0.92	0.447	3.7	-10.6	102.8	0.343	3.783	0.89	42
-10.0	Propilenglicol	30	1.033	0.94	0.387	8.0	-10.5	102.2	0.336	2.563	1.93	43
	Cloruro de sodio	21	1.166	0.80	0.372	4.2	-17.2	102.2	0.350	3.383	0.88	1
	Cloruro de calcio	20	1.198	0.72	0.461	4.8	-17.2	101.1	0.377	3.564	1.00	3
	Agua con metanol	22	0.967	0.97	0.387	5.3	-15.3	83.3	0.349	2.924	1.35	10
	Agua con etanol	25	0.977	1.02	0.372	8.2	-15.3	86.1	0.328	2.460	2.08	25
-20.5	Etilenglicol	35	1.057	0.86	0.417	6.8	-17.8	103.9	0.361	2.812	1.60	60
	Propilenglicol	40	1.046	0.89	0.357	20.0	-20.1	103.3	0.351	502	—	58
	Cloruro de calcio	25	1.255	0.67	0.432	10.3	-29.4	101.7	0.388	2.504	2.05	6
	Cloruro de sodio	35	0.961	0.89	0.342	9.9	-30.0	80	0.384	478	2.56	30
	Agua con etanol	36	0.970	0.95	0.327	13.5	-26.6	83.9	0.357	473	—	35
-34.5	Agua con metanol	45	1.079	0.79	0.372	17.2	-26.4	106.1	0.384	502	—	78
	Propilenglicol	50	1.065	0.83	0.342	80.0	-33.9	105.5	0.370	478	—	75
	Cloruro de calcio	30	1.315	0.63	0.417	27.8	-43.9	102.2	0.395	537	—	8
	Cloruro de sodio	45	0.961	0.80	0.327	18.0	-42.8	77.2	0.426	444	—	39
	Agua con etanol	52	0.953	0.81	0.283	20.2	-45.5	81.7	0.424	405	—	50
-34.5	Etilenglicol	55	1.105	0.73	0.327	75.0	-41.6	108.3	0.406	454	—	97
	Propilenglicol	60	1.076	0.77	0.312	700.0	-48.3	108.3	0.395	444	—	90

Tabla 2. Propiedades de diferentes tipos de salmueras. [31]

(Fuente: *Densidad de la Salmuera*. Visto el 13/08/2023, de <https://seonegativo.com/densidad-salmuera.html>)

Hay que prestar atención especial al aumento de la densidad por el descenso de la temperatura de la disolución, al preparar dicha salmuera se realiza en temperatura ambiente y luego ya una vez preparada se enfría.

Es recomendable preparar la salmuera con 1 grado menos de densidad deseada, ya que una vez fría se obtiene la densidad deseada.

“Si se incrementa la concentración de salmuera y se reduce el calor específico, aumentará el consumo de energía de la bomba de enfriadores del enfriador, y el costo relativo también aumenta; Si la concentración es demasiado pequeña para alcanzar el estándar, esto puede hacer que el intercambiador de calor se congele, la unidad de alarma no pueda funcionar normalmente y afecte a la producción normal. Por lo tanto, cuando utilizamos agua salada como el portador de refrigerante de la salmuera a baja temperatura, debemos prestar atención a la proporción del portador de salmuera refrigerante.”

2.8 Preparación de la Disolución de Cloruro Cálcico.

La realización de la Disolución de Cloruro Cálcico es similar a la anterior, la diferencia:

- Es la densidad deseada,
- El lugar de preparación (un balde grande),
- Se diluye con agua dulce
- Es una reacción exotérmica

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Es proceso es sencillo; en un balde se mezclan las cantidades justas de agua dulce y Cloruro Cálcico (escamas en sacos). Se renueva bien hasta conseguir la densidad deseada. Una vez lograda (teniendo en cuenta que cuando se enfría una salmuera esta aumenta de densidad).

Dens. gr/cc	Cloruro de Calcio (CaCl ₂) Kgs.	Cloruro de Sodio (NaCl) Kgs.	Agua dulce litros	Preparada únicamente con (CaCl ₂)	
				CaCl ₂ Kgs.	Agua dulce litros
1.00		8	696	8	696
1.02		26	691	23	693
1.03		48	684	37	691
1.04		83	679	54	689
1.06		80	674	68	686
1.07		100	667	83	684
1.08		117	660	100	677
1.09		134	653	117	672
1.10		154	646	131	670
1.12		174	639	148	665
1.13		194	632	165	660
1.14		214	624	182	655
1.15		231	617	200	648
1.16		251	610	218	643
1.18		271	600	231	641
1.19		291	594	247	636
1.20		311	586	270	629
1.21	83	250	574	285	624
1.22	148	200	572	302	614
1.23	205	154	575	319	615
1.25	254	117	575	336	610
1.26	295	91	570	353	603
1.27	220	71	567	370	596
1.28	350	57	565	388	594
1.30	385	46	562	405	591
1.31	407	37	558	422	584
1.32	430	28	556	439	577
1.33	453	17	560	456	572
1.34				470	562
1.35				486	555
1.37				513	553
1.38				530	546
1.39				547	541
1.40				567	531
1.41				587	525
1.43				607	515
1.44				630	508

Tabla 3. Tabla de cantidades. [32]

(Fuente: *Preparación de una Salmuera (III)*. Creada el 19 de mayo de 2012. Vista el 13/08/2023.

De https://ingenieraenpetroleo.blogspot.com/2012/05/preparacion-de-una-salmuera-ii_19.html)

La disolución se prepara a medida que se vaya perdiendo nivel en el tanque de compensación debido a las pérdidas del sistema y las sangrías programadas para la limpieza del circuito. Una vez obtenida, se trasiega al tanque de compensación evitando y desechando las impurezas, bloques no disueltos, etc. Se repite el proceso hasta conseguir el nivel deseado. La densidad deseada será la de 27.5 Grados Baume debido:

- Punto de congelación adecuado para trabajar a -20°C en la conservación del pescado.
- Densidad adecuada para que las bombas consuman menos potencia.
- Densidad adecuada para que las bombas hagan circular mas caudal por toda la instalación, mayor transferencia de calor.
- Densidad adecuada para evitar golpes de arietes, fugas, roturas de tuberías y codos.

La sal (cloruro de calcio), que se utiliza en hacer la disolución a de ser del tamaño equivalente a una alubia en forma de escamas y poseer la menor cantidad de impurezas. Las escamas vienen en sacos de tamaños manejables, normalmente sacos de 25 Kg. o al granel. Hay que asegurarse de que no contengan impurezas que pueda dañar la instalación, aparte se le aporta tratamiento químico para evitar la formación de óxidos dentro de la instalación.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Para calcular la cantidad de sal que debe agregarse al agua dulce, debe conocerse el volumen de la cuba y la salinidad que se desea.

Para asegurarse que la sal incorporada se disuelva, la solución debe de agitarse.

Al incrementarse la concentración de la disolución y/o al disminuir su temperatura, la sal se disuelve más lentamente. Cuando se prepara disolución con una concentración superior a 30%, antes del enfriado, la disolución debe ser circulada hasta que la concentración se estabilice. La salmuera nueva, debe ser mantenida arriba de su temperatura de congelación en 3 °C. Este margen de seguridad deberá ser incrementado de 4 a 5.5 °C **cuando se almacena Salmuera usada que ya está mezclado con óxidos, impurezas, etc., la presencia de estas sustancias incrementa la densidad de la salmuera causando una falsa lectura en el salinómetro, el que indicará una mayor densidad de la que realmente existe.**

2.9 Características de la Disolución de Cloruro Cálcico.

Basándonos en nuestra propia experiencia y con la ayuda de la publicación de Paterson, P.H. y Burns, Frank D. (1984) *Absorción de Sal, y Formación de Histamina y Panal en Atún congelado en Salmuera*. United States Tuna Foundation. San Diego. Cali. 60-63p. [8]

La sal disminuye el punto de congelación del agua en forma predecible. Para transmitir el frío por todo el circuito nos hace falta una disolución con una densidad adecuada.

El punto más bajo de congelación, denominado punto eutéctico, se obtiene en una Salmuera de cloruro de calcio de -43,9 °C, a 30% de densidad. Pero como a las temperaturas a las que vamos a trabajar no van a ser menores a -21°C con una de 25% de densidad de -29,4°C nos valdría. Concretamente se trabajará con una densidad de 27.5 Grados Baume (obtenida tras diversas pruebas en la instalación).

La disolución con una concentración de sal menor que la del punto eutéctico, se congelará a una temperatura más alta. **Cuando la temperatura de la salmuera es reducida a su punto de congelación, se forman cristales de hielo puro; los cuales se adhieren a los serpentines y a las superficies de transmisión de calor de los diferentes intercambiadores que hay en la instalación actuando como aislantes.** La sal que se encontraba disuelta en la ahora agua congelada, se disuelve en los remanentes de disolución, aumentando su concentración. Si se continúa el proceso de eliminación de temperatura, la formación de hielo puro continúa y la concentración aumenta hasta que llega a su punto eutéctico. **Cuando la Salmuera eutéctica se congela, se forman una mezcla de cristales de hielo puro y cristales de sal.**

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Si se tiene salmuera de mayor densidad a la del punto eutéctico a la hora enfriarlas llegaremos a una temperatura en la cual parte de sal va a precipitar hasta llegar a la densidad del punto eutéctico. **De manera que el uso de Salmuera con una concentración mayor que la del punto eutéctico en la instalación, es un desperdicio de sal porque la obtención de un punto de congelación más elevado no ocurre.**

Descenso crioscópico.

En este apartado vamos a tratar de exponer la teoría tan bien expuesta en la web: WIKIPEDIA. *Descenso crioscópico*. Creada el 25 de noviembre del 2015. Vista el 25/08/2023 en https://es.wikipedia.org/wiki/Descenso_criosc%C3%B3pico [34]

Es cuando se logra hacer disminuir la temperatura del punto de congelación de una disolución en comparación al disolvente puro.

“Magnitud del descenso crioscópico ΔT_c ”

“Temperatura de congelación del disolvente puro T_{fus}^* ”

“Temperatura de congelación de la disolución T_{fus} ”

$$\Delta T_c = T_{fus}^* - T_{fus} \quad \text{ec. 1}$$

Al ser una propiedad coligativa, su descenso esta relacionado entre el número de partículas de soluto y de disolvente.

Si tomanos como ejemplo un disolvente frecuente como puede ser el agua (disolvente que se usa para realizar las disoluciones mencionadas en este trabajo), el descenso crioscópico depende de la cantidad de soluto disuelto.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 3. Diagrama de una disolución acuosa.

(Fuente: WIKIPEDIA. *Descenso crioscópico*. Creada el 25 de noviembre del 2015. Vista el 25/08/2023 en https://es.wikipedia.org/wiki/Descenso_criosc%C3%B3pico). [34]

Si nos ayudamos de este diagrama de fases de una disolución acuosa podemos observar que, si nos encontramos el punto a y disminuimos la temperatura, se congelará parcialmente en el punto b por debajo de la temperatura de 0 °C. A medida que aumenta la concentración del soluto (molaridad), la temperatura de congelación de la disolución seguirá la curva descendente descrita.

La congelación de la disolución no será completada en una sola fase, realmente se realiza en varias etapas hasta llegar al punto eutéctico de la disolución (este depende de la naturaleza del disolvente y el soluto).

El proceso es el siguiente: en primera instancia se congela parte del agua, restando disolvente a la disolución ya que el soluto permanece constante. Esto se traduce en un descenso crioscópico al aumentar la concentración del soluto presente en la disolución. Si se sigue disminuyendo la temperatura de la disolución se volverá a realizar el mismo proceso y así repetidamente hasta llegar al punto eutéctico.

Este en el diagrama está representado por el punto c, a partir de ahí ya no se produce más descenso crioscópico y se solidifica la disolución.

Este fenómeno se ha utilizado para aplicaciones prácticas en la vida diaria, como puede ser el tema que se trata en este Trabajo de Fin de Grado, el uso de disoluciones para la congelación del atún capturado sin provocar la formación de hielo en dicha disolución.

- Causas del descenso crioscópico.

Se puede decir que durante el cambio de fase hay una variación de la entropía, lo cual causa el descenso crioscópico. Como bien se menciona en Termodinámica; la entropía es la medida del desorden un sistema.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

En un sólido, sus partículas se encuentran en una posición fija y vibran en esa posición. En un líquido, estas están en movimiento sin una posición fija. Así que se puede decir, que una disolución tiene mayor entropía que un disolvente puro y un sólido.

$$“S_{sol} > S_1^* > S_s^*”$$

ec.2

El cambio de estado de sólido a líquido produce una variación de entropía debido a que hay mayor desorden en el estado líquido que en sólido. Hay que mencionar que una disolución siempre tendrá más entropía que un disolvente líquido.

$$“A_{fus}S^* < a_{fus}S”$$

ec.3

“Este proceso de congelación reversible a temperatura y presión de equilibrio es una transición de primera fase de primer orden.”

Así, se puede relacionar la variación de entropía que se produce con la entalpía de cambio de fase (calor latente), “ $\Delta_{fus}H$ ”, y la temperatura, “ T_{fus} ”, según la ecuación:

$$“A_{fus}S = q_{rev} / T = A_{fus} H / T_{fus}”$$

ec.4

Para los procesos de congelación y de fusión la variación de entalpía permanece constante.

Entonces se puede deducir que, si la variación de entropía es mayor en una disolución, para poder igualar la variación de entropía en la congelación del disolvente presente en la disolución, la temperatura de congelación ha de disminuir.

$$“A_{fus}S^* < A_{fus}S”$$

$$“A_{fus} H / T^*_{fus} < A_{fus} H / T_{fus}”$$

$$“T_{fus} < T^*_{fus}”$$

ec.5

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Como resumen a lo anteriormente dicho, podemos afirmar que gracias a las disoluciones podemos lograr una menor temperatura de congelación respecto al uso de un disolvente puro por su mayor entropía. Es decir, para conseguir una menor temperatura de congelación tendremos que tener un mayor descenso crioscópico, una mayor entropía y una mayor concentración de soluto.

Anticongelantes

En regiones frías para evitar la solidificación del fluido refrigerante de los motores, lo cual provoca la ruptura del sistema de refrigeración, al agua de refrigeración se le añade sustancias para rebajar en punto de congelación del agua así como para que no oxide el sistema, no forme espuma y más mejoras.

También son usados como portadores de calor, sea en el caso de las pistas de hielo, congelación, paneles de energía solar.

Otro uso puede ser para eliminar las placas de hielo de la carretera en zonas con climas fríos y nevadas, rociando disoluciones apropiadas en la carretera.

A continuación, las propiedades físicas y termodinámicas de las disoluciones de Cloruro Cálcico:

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

T °C	Salmuera	Solución (en peso) %	Densidad (g/cm³)	Calor específico (kcal/kg·°C)	Conductividad térmica kcal/m·m²·°C·h	Viscosidad (centipoises)	Punto de Congelación (°C)	Punto de ebullición (°C)	Lfrigoría por 10°C por veración	hb "	Vb "	Costo relativo por libra de solución
-1	Cloruro de sodio	12	1.092	0.86	0.417	2.2	-8	101.7	0.347	4.594	0.49	1
	Cloruro de calcio	12	1.108	0.83	0.476	2.4	-7.2	100.5	0.357	4.740	0.54	3
	Agua con metanol	15	0.985	1.00	0.417	3.2	-10.3	88.1	0.334	3.813	0.80	13
	Agua con etanol	20	0.977	1.04	0.402	5.5	-11.1	87.2	0.323	3.031	1.40	20
	Propilenglicol	30	1.033	0.94	0.387	8.0	-10.5	102.8	0.343	3.783	0.89	42
-10.5	Cloruro de sodio	21	1.166	0.80	0.372	4.2	-17.2	102.2	0.350	3.383	0.88	1
	Cloruro de calcio	20	1.198	0.72	0.461	4.8	-17.2	101.1	0.377	3.564	1.00	3
	Agua con metanol	22	0.967	0.97	0.387	5.3	-15.3	83.3	0.349	2.924	1.35	15
	Agua con etanol	25	0.977	1.02	0.372	8.2	-15.3	86.1	0.328	2.460	2.08	25
	Propilenglicol	35	1.057	0.86	0.417	6.8	-17.8	103.9	0.361	2.812	1.60	60
-20.5	Cloruro de sodio	40	1.046	0.89	0.357	20.0	-20.1	103.3	0.351	502	—	58
	Cloruro de calcio	25	1.255	0.67	0.432	10.3	-29.4	101.7	0.388	2.504	2.05	6
	Agua con metanol	35	0.961	0.89	0.342	9.9	-30.0	80	0.384	478	2.56	30
	Agua con etanol	36	0.970	0.95	0.327	13.5	-26.6	83.9	0.357	473	—	35
	Propilenglicol	45	1.079	0.79	0.372	17.2	-26.4	106.1	0.384	502	—	78
-34.5	Cloruro de sodio	50	1.065	0.83	0.342	80.0	-33.9	105.5	0.370	478	—	75
	Cloruro de calcio	30	1.315	0.63	0.417	27.8	-43.9	102.2	0.395	537	—	8
	Agua con metanol	45	0.961	0.80	0.327	18.0	-42.8	77.2	0.426	444	—	39
	Agua con etanol	52	0.953	0.81	0.283	20.2	-45.5	81.7	0.424	405	—	50
	Propilenglicol	55	1.105	0.73	0.327	75.0	-41.6	108.3	0.406	454	—	97
		60	1.078	0.77	0.312	700.0	-48.3	108.3	0.395	444	—	90

Tabla 2. Propiedades de diferentes tipos de salmueras.

(Fuente: *Densidad de la Salmuera*. Visto el 13/08/2023, de <https://seonegativo.com/densidad-salmuera.html>). [31]

Use temperature ° C	Concentration: %	Initial freezing temperature: ° C	Density: kg/m³
0	12	-7.2	1111
-5	16	-12	1140
-10	20	-17	1180
-15	22	-22	1200
-20	24.5	-27	1230
-25	26	-32	1240
-30	27.5	-38.6	1260
-35	28.5	-43.5	1270

Tabla 4. Temperaturas / Densidades

(Fuente: H. Star Group. *How para medir la concentración de salmuera para el enfriador de salmuera*. Creada el 21 de mayo de 2021.) [33]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

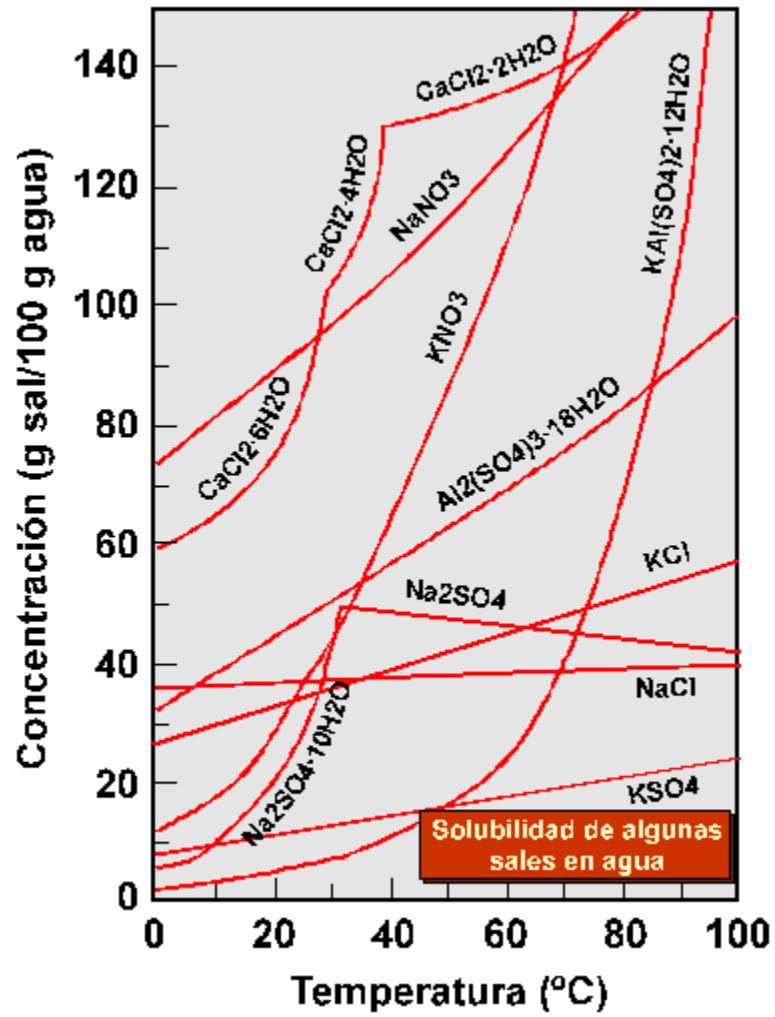


Figura 4. Solubilidad de algunas sales en agua

(Fuente: Universidad de Granada. *Personal/Restauración/Teoría/Tema10*.)

De https://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/Tema10_files/image066.gif)

Visto el 25/08/2023. [35]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

2.10 Captura del Pescado

Según la publicación del Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) publicado por la Organización de las Naciones Unidas. (2002). *Sistemas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos*. Roma: ONU. [9].

Durante el tiempo que transcurre desde que se captura el pescado hasta que se consume, se producen muy diversos procesos los cuales pueden afectar a la calidad del producto final. Esta pérdida de calidad es debida principalmente a las altas temperaturas y el tiempo en que están en estas temperaturas; por ello el hecho de meterlo a bordo y congelarlo en el menor tiempo posible. Los deterioros son causados por: “sus propias enzimas, bacterias y reacciones químicas”.

Normalmente la temperatura de captura ronda entre los 24° - 32 °C en los atunes. Y durante el proceso de lance, cobrar la red, realizar el saco para salabardear y el salabardeo pueden ocurrir muchos imprevistos. Una maniobra normal suele durar entre 2 o 3 horas, tiempo en el cual la calidad del pescado muerto no merma mucho al estar sometido a estas temperaturas. Pero si la maniobra se alarga mucho o hay exceso de pescado en la captura (más de 300 Tn) hay que tener en cuenta que la calidad ha ido mermando y ese pescado no cumplirá los estándares de calidad exigidos.

Para prevenir este deterioro es aconsejable realizar la maniobra a la primera sin ningún contratiempo como también cargar el pescado lo más rápido posible, pero sin brusquedad que lo pueda dañar. Realizando todo esto la pérdida de calidad es mínima. Hay que tener en cuenta los lances grandes y rechazar parte de estos debido a que el pescado permanece mucho tiempo en la red muerto.

Hay que tener especial atención cuando se trata de un lance de gran cantidad de pescado y a temperaturas de más de 28°C, ya que aquí se produce gran deterioro.

Para reducir la pérdida de calidad se pueden seguir las siguientes estrategias:

- Dar espacio al pescado para que pueda nadar libremente mientras se cobra la red.
- Provocar que se escape el exceso de pescado, bien dejando que se hunda el corcho de proa o no cogiendo un par de anillas de la red en popa, provocando una pequeña abertura por donde este puede escapar.
- Hacer que el saco sea más pequeño y que exceso de pescado salga de él.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Si una vez hecho todos los pasos descritos anteriormente y no han dado resultado deberá chequearse el pescado que entra a bordo. Una forma sencilla y muy fiable es comprobar visualmente y al tacto la calidad de pescado. Este cuando a perdido calidad empieza a mostrar tonos rojizos en la piel y al tacto su cuerpo es más blando de lo habitual. Estos son síntomas de pérdida de calidad por permanecer más tiempo de lo recomendado muerto en la red y apretado.

Normalmente este chequeo a de realizarse por los oficiales a bordo y más si cabe por el jefe de maquinas del barco, el cual es el responsable de la calidad del pescado. Si detecta o desconfía de la calidad de pescado que está entrando a bordo, la mejor opción es rechazar todo lo demás ya que esto puede provocar que por una partida mínima parte de la carga del barco sea rechazada por los clientes por no cumplir los estándares de calidad exigidos por estos.

Muchas veces puede pasar que parte del pescado se quede enredado en la red (mallado) mientras se cobra esta. Y para el siguiente lance conviene que la red este limpia para no que no haya presencia de pescado en descomposición. Pues, se procede una vez terminada toda la maniobra a limpiar la red de este pescado. Es de vital importancia que este pescado se deseche por su pésima calidad. No merece la pena mezclarlo con pescado de buena calidad, es un riesgo que no merece la pena asumir por unas míseras toneladas más de pescado.

CAPITULO 3

Sistema de congelación del buque atunero BP PLAYA DE RIS

3.1 Equipos y características

A continuación, vamos a explicar brevemente el sistema y la instalación de frío del buque atunero BP PLAYA DE RIS. La información es obtenida de planos y esquemas de la propiedad de la Empresa Atunera: Pesquería Vasco Montañesa. [13]

Para realizar dicha descripción nos hemos ayudado de la publicación de INGENIERÍA NAVAL. (diciembre 2009). Construcción Naval, Atunero Congelador: Playa de Azkorri, construido por Astilleros Murueta. *Ingeniería Naval*. N° 876. pp 36. De <https://sectormarino.es/wp-content/uploads/2016/02/200912.pdf>. [10]

El buque dispone de 12 cubas frigoríficas aisladas por medio de poliuretano entre la estructura del barco y un forrado de acero. Las cubas son del tipo autoportantes y están apoyadas y fijadas al casco por medio de madera o material sintético. Tienen un aislamiento de 200 mm en todas sus caras. La congelación se realiza por inmersión del atún en salmuera (NaCl) previamente enfriada (mediante serpentines en el interior de la cuba y mediante intercambiadores de placas con CaCl₂ en el exterior) y circulada continuamente mientras dure el proceso, por medio de las bombas de circulación de salmuera. La conservación del atún una vez congelado se realizará en inmersión en salmuera (NaCl), en el interior de las cubas debidamente enfriadas por los serpentines, a través de los cuales circula salmuera (CaCl₂) previamente enfriada.

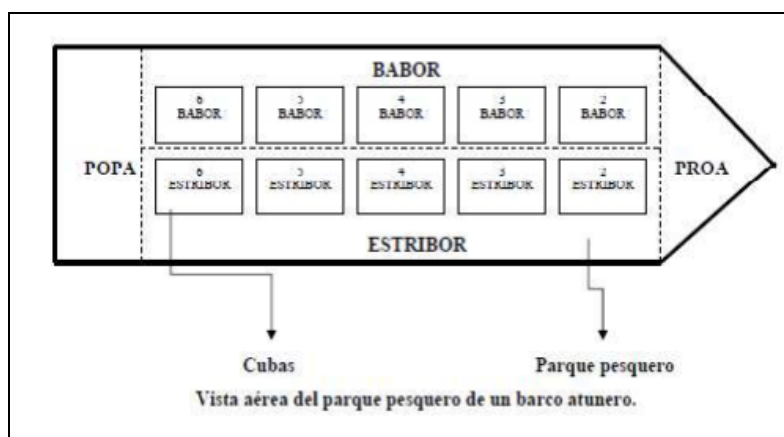


Figura 5. Cubas barco atunero [1]

(Fuente: Alexander Molina Salazar y Anderson Fabian Molina Salazar. (2007). *Variación de la salinidad de la pesca de atún en un barco atunero de N.I.R.S.A.* (Trabajo de Grado). Universidad Técnica del Norte, Escuela de Ingeniería Agroindustrial.) [1]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

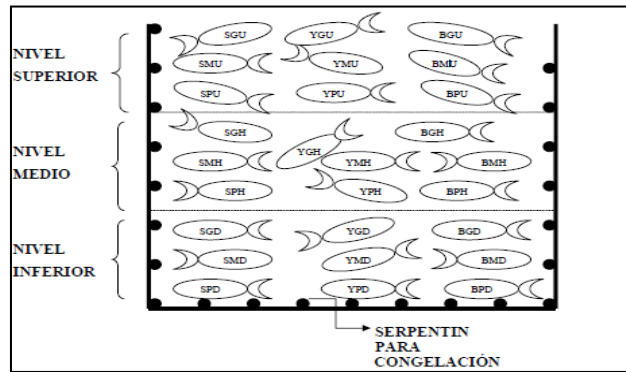


Figura 6. Vista transversal de una caba de congelación/almacenamiento

(Fuente: Alexander Molina Salazar y Anderson Fabian Molina Salazar. (2007). *Variación de la salinidad de la pesca de atún en un barco atunero de N.I.R.S.A.* (Trabajo de Grado). Universidad Técnica del Norte, Escuela de Ingeniería Agroindustrial.) [1]

Para la congelación y conservación del atún, se ha suministrado una instalación frigorífica por cuatro grupos autónomos de sistema de amoníaco inundado con intercambiadores de CaCl_2 que se impulsa a los serpentines impresos en el interior de las cubas y los intercambiadores $\text{CaCl}_2 / \text{NaCl}$.

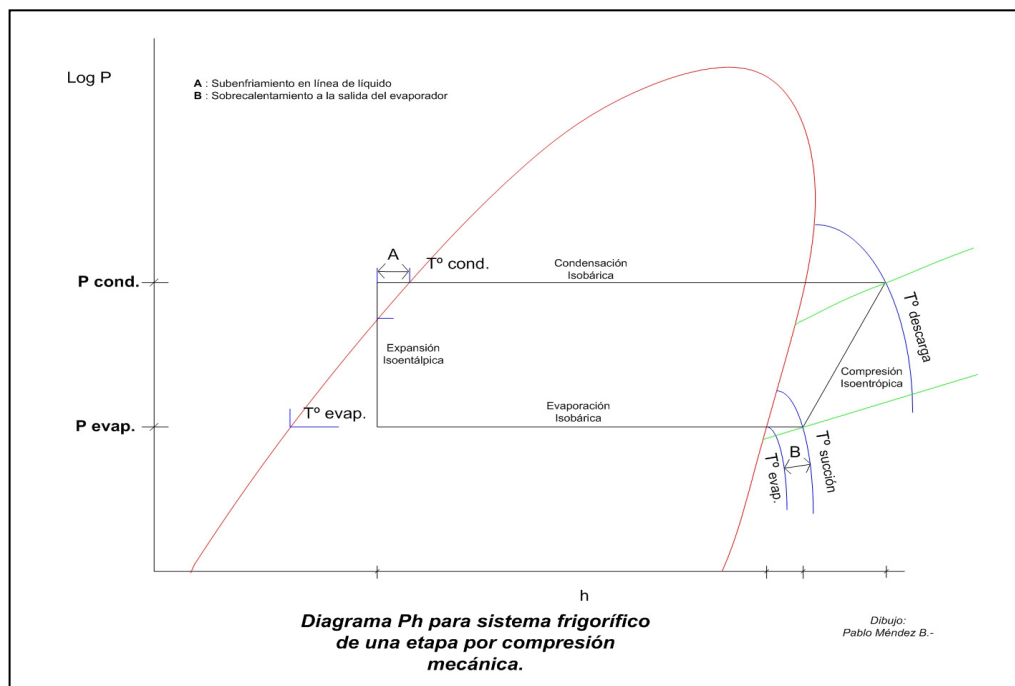


Figura 7. Diagrama P-h

(Fuente: WIKIMEDIA COMMONS. (13 de febrero de 2010). *File: Ph simple etapa.jpg*. Visto en [commons.wikimedia.org/wiki/File: Ph_simple_etapa.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ph_simple_etapa.jpg).) [11]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

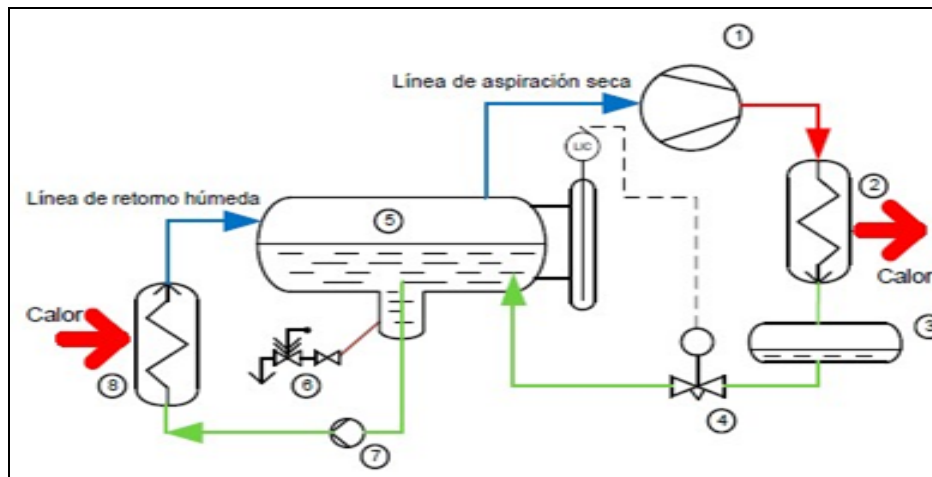


Figura 8. Esquema instalación refrigeración de amoníaco inundado

(Fuente: Manuel Rodríguez. (20/03/2017). Aspectos técnicos de las instalaciones de refrigeración con amoníaco. *Revista digital INESEM*. <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/funcionamiento-refrigeracion-amoníaco/> [12]



Figura 9. Local de la instalación frigorífica

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 10. Sacos de Cloruro Cálxico

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]



Figura 11. Separador de partículas / Intercambiador Amoniaco Cloruro Cálxico inundado

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 12. Instalación en funcionamiento / Hielo formado
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]



Figura 13. Deposito de compensación de Cloruro Cálcico
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Cada grupo está compuesto por un compresor Mycom 200 S VLD de 850 m³ de desplazamiento con subenfriamiento controlado electrónicamente y motores eléctricos de 200 kW a 3000 rpm. Suministrado por KINARCA.

A continuación, se explicara ampliamente el equipo.

Se tratan de compresores de tornillo (de amoniaco) de capacidad variable, tanto volumétricamente (corredera operada por el autómatas mediante aceite a presión pilotando las válvulas eléctricamente) y mecánicamente (variadores de frecuencia operados por el autómatas que varían las rpm de los motores eléctricos). La misión es mantener la presión de aspiración (evaporación) a una determinada consigna (presión de evaporación = temperatura de evaporación = temperatura de salida de la Salmuera de Cloruro Cálcico de la instalación). La consigna será de 0,25 bares para conservación y 0,35 bares para congelación.

El sistema de lubricación del compresor consta de una bomba, con un prefiltro y otro después para eliminar las posibles partículas nocivas para el sistema. Para recuperar el aceite de engrase que va junto con el amoniaco en estado gaseoso a la salida del compresor, hay un separador de aceite con un visor de nivel (aparte de resistencias de calentamiento del aceite para mantenerlo a temperatura de trabajo cuando este se encuentre parado). Aparte, en la parte inferior del separador de partículas (evaporador) hay un drenaje (controlado por el autómatas) cuya misión es recuperar el posible aceite que haya llegado hasta aquí, haciendo extracciones de amoniaco en estado líquido más aceite periódicas. Este amoniaco se expansiona sirviendo para subenfriar en primera instancia el amoniaco líquido de la zona de presión de alta y se retorna a la instalación justamente en la entrada de baja del compresor.

El aceite recuperado, para mantener sus propiedades en los correctos parámetros debe ser enfriado mediante un intercambiador de calor con el amoniaco líquido de la zona de alta una vez condensado.

El arranque del compresor se realiza mediante la apertura de una válvula de bypass entre la zona de alta presión y la de baja presión, permitiendo el embalamiento del compresor. Pasado el tiempo estipulado esta válvula se cerrará trabajando el compresor de forma normal.

El amoniaco líquido una vez condensado y subenfriado en primera instancia mediante la recuperación de aceite del separador de partículas es nuevamente subenfriado en un intercambiador de placas, para ello se realiza una pequeña sangría del amoniaco líquido subenfriado, el cual se expansiona en el intercambiador de placas enfriando el amoniaco líquido que se inyecta al

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

separador de partículas. El amoníaco en estado gaseoso vuelve al sistema en la etapa intermedia de compresión del compresor de tornillo, lo cual provoca que la etapa de compresión no requiera tanto trabajo al disminuir la temperatura de este y la presión (con lo que se logra no llegar a su temperatura crítica).

La inyección de amoníaco líquido en el separador de partículas (evaporador húmedo) se realiza mediante una válvula pilotada por una boya que mantiene el nivel de amoníaco líquido en este a medida que se va evaporando en el intercambiador de placas que está en contacto con el Cloruro Cálcico.

Hay diferentes tomas para los sensores que dan señales al autómatas y hacen operar la instalación de forma segura y eficiente.

Aparte de realizar la parada del compresor si trabaja fuera de los rangos programados deseados o sobrepasa valores límites de seguridad.



Figura 14. Imagen general del compresor
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

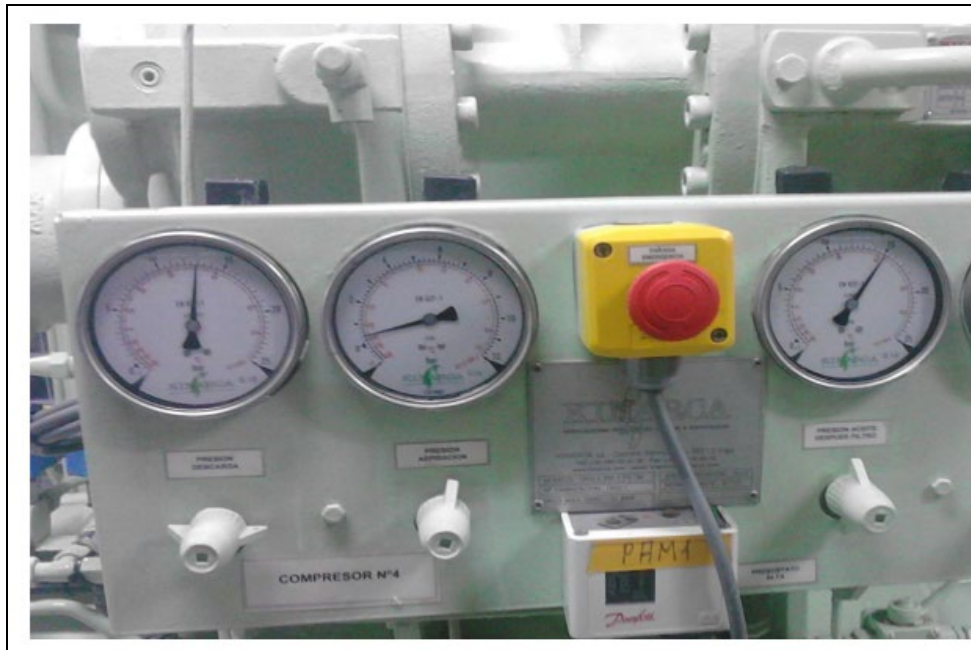


Figura 15. Manómetros de alta/baja, presión de aceite antes/después filtro, parada de emergencia y presostato de alta de seguridad.

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

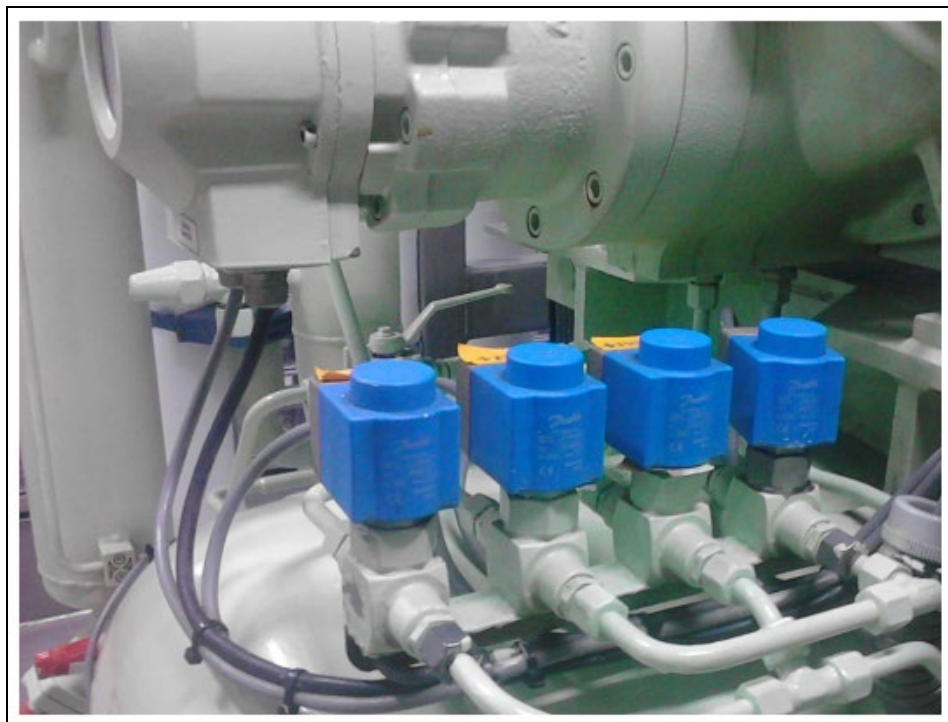


Figura 16. Electroválvulas para el aceite que controla la capacidad volumétrica del compresor

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

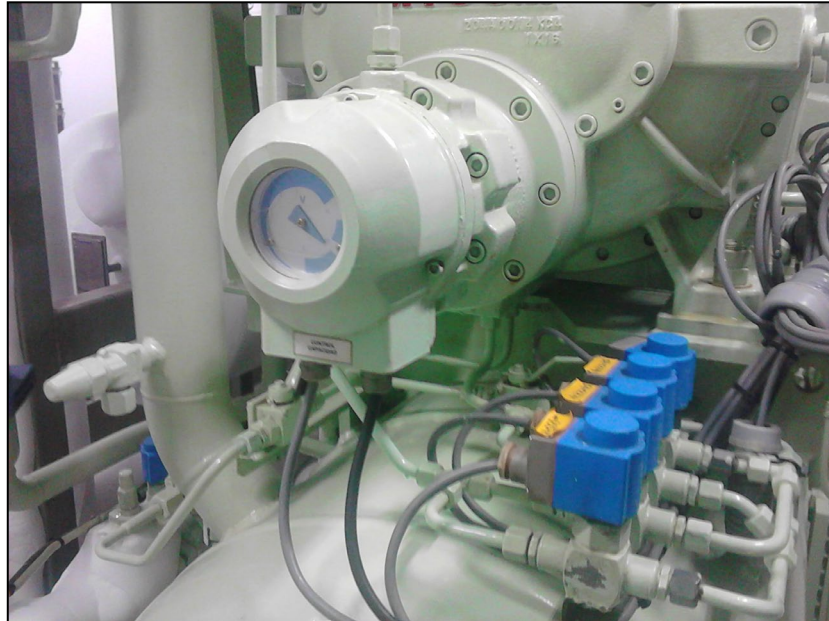


Figura 17. Actuador e indicador de la capacidad volumétrica del compresor
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]



Figura 18. Pre-filtro y bomba de lubricación del compresor.
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 19. Visor, filtro y separador de aceite de lubricación.
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]



Figura 20. Placa de características del compresor.
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

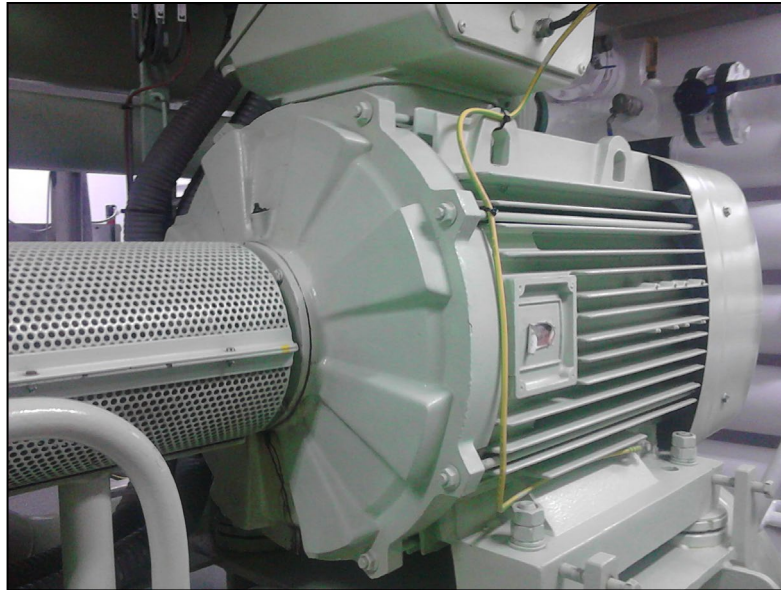


Figura 21. Motor eléctrico gobernado por un variador de frecuencia (RPM).
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]



Figura 22. Condensador. Entrada/Salida agua salada.
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 23. Bombas de agua salada para los condensadores de los compresores
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

Se ha dispuesto además de una bomba de cloruro de 90 m³/h a 4,9 bar, aunque debido a que las tuberías son de PVC y debido al frío, ganan fragilidad a roturas por golpe de ariete, se trabaja con la menor presión posible por línea dando frío con mínimo a 12 líneas de serpentines (3 por cubas, es decir 4 cubas). Los serpentines son impresos de media caña en los mamparos de la cuba realizados en hierro, por también hay que evitar la sobrepresión ya que pudiera provocar la rotura de estos.

También se ha instalado un sistema de congelación con cuatro armarios (intercambiadores de placas) de enfriamiento rápido en el parque de pesca, cada uno de ellos con la capacidad suficiente para absorber toda la potencia frigorífica del compresor, estos armarios están alimentados por el CaCl₂ proveniente de los grupos autónomos indicados antes, a través de un colector común. Se ha instalado una única línea de CaCl₂ al túnel de tuberías.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 24. Bomba de Cloruro Cálxico y manómetros antes/después filtro
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]



Figura 25. Electroválvulas neumáticas de comunicación unidad enfriadora y líneas
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 26. Líneas de distribución del Cloruro Cálxico.
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]



Figura 27. Armario de enfriamiento rápido / Intercambiador de Cloruro Cálxico y Salmuera.
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Todos los circuitos tienen manómetros termómetros y transductores de presión y sensores PT100. Todos los parámetros se controlan con autómatas y se visualizan en un sistema SCADA.



Figura 28. SCADA para el control de las unidades enfriadoras y temperaturas de las cubas.

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

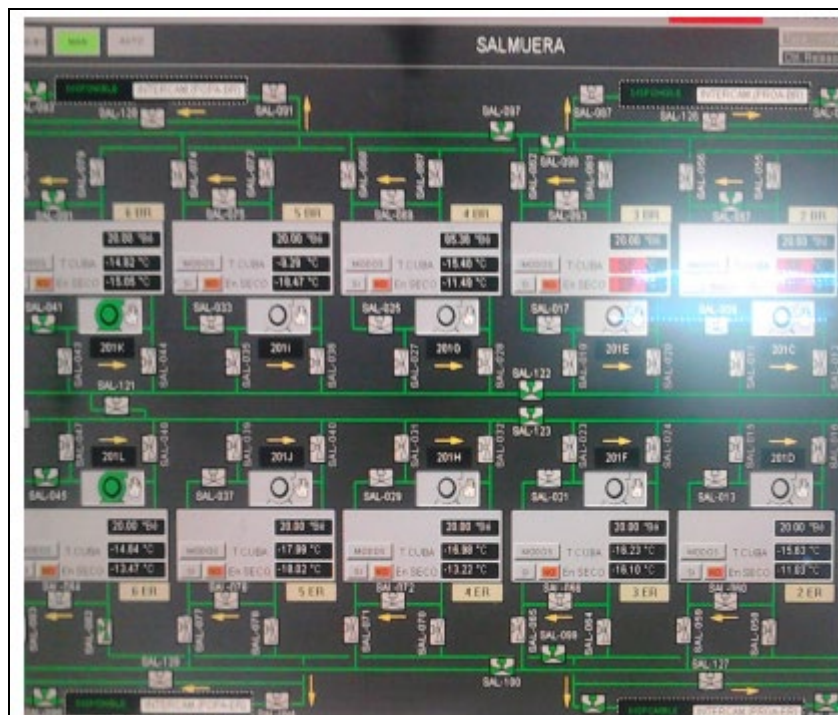


Figura 29. SCADA para el control de las maniobras de salmuera. Válvulas y Bombas.

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

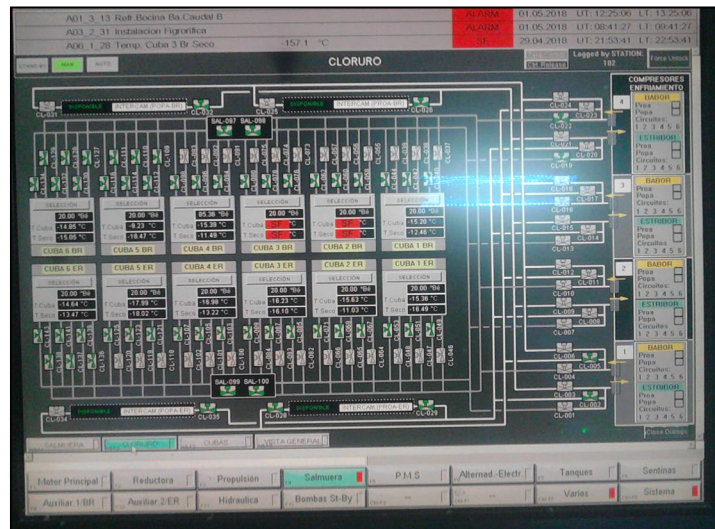


Figura 30. SCADA para el control de las maniobras del Cloruro Cálcico. Válvulas.

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

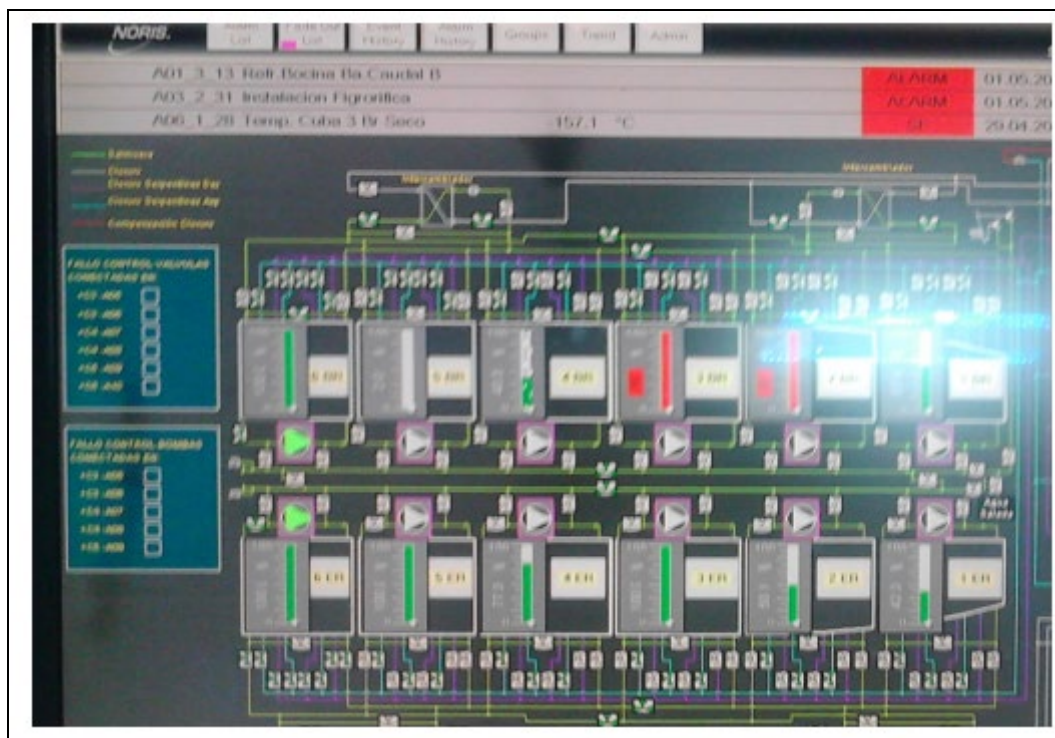


Figura 31. SCADA de visualización general del sistema.

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 32. Electrovalvula neumática con señalización abierta/cerrada del sistema.

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

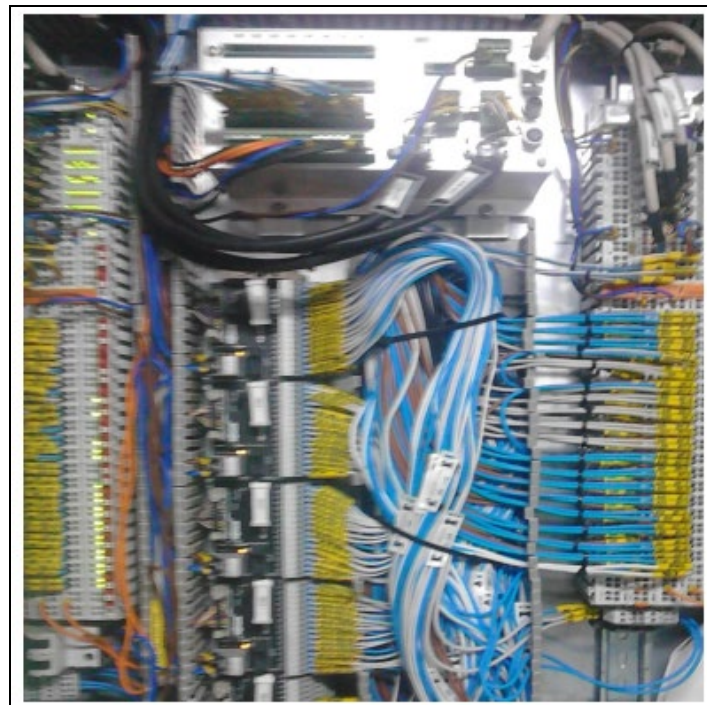


Figura 33. Automata de control del sistema.

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



Figura 34. Transductor de presión / nivel de la cuba.
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]



Figura 35. Transductor de temperatura (PT100) de la cuba.
(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

Las bombas de recirculación de salmuera son a la vez utilizadas mediante los circuitos de tubería correspondientes para el trasiego de salmuera y agua salada entre cubas, así como su vaciado al

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

mar. Los colectores principales de trasiego de cada cuba de salmuera están comunicados por medio de una tubería de aproximadamente 6" de diámetro con el entrepuente de pesca, por medio de las cuales se asegura el relleno intermitente y manual durante el proceso de descarga del atún por reflotamiento. También conectara con los armarios de congelación rápida para el enfriamiento de las cubas.



Figura 36. Bombas y tuberías de trasiego de salmuera y agua del mar.

(Fuente: Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

CAPITULO 4.

Cálculo de las cargas térmicas.

Debido a la imposibilidad de obtener y la publicación de las características técnicas impuestas por contrato, el cálculo se basará en un atunero similar. El BP ALBATUN DOS de la empresa *Albacora*, ya que el cálculo se encuentra publicado. Vamos a tratar de hacerlo lo más sencillo posible para este trabajo.

Para ello utilizaremos parte de Proyecto de Fin de Carrera de: Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca.* (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya. [38]

4.1 Debidas a paredes, techo y suelo.

Se tomarán los datos, cálculos, formulas y mantendrá mismo formato y enmaquetado de Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca.* (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya. [38]

Debido a que un buque se encuentra rodeado de agua de mar a bastante mayor temperatura que lo que hay en el interior de las cubas y según la teoría de transmisión de calor, hay una transferencia de calor del foco caliente al foco frío. Esto dependerá del gradiente de temperaturas, materiales de los mamparos y su espesor, aparte de la superficie total de transferencia de calor.

“Datos cubas:”

“Altura = 4m.”

“Longitud = 5m.”

Anchura = 6.25m

Con tiempo los materiales que componen el aislante de las cubas se van humedeciendo debido a fugas de estas o simplemente la humedad de la condensación que se forma con lo que aumento la conductividad térmica. Por lo tanto, para cálculos prácticos solo se toma el espesor de la capa aislante

Con la fórmula del flujo de calor, $Q = K \cdot S \cdot \Delta t$, ec.6 calcularemos la energía transferida en forma de calor del foco caliente al foco frío a través de las 6 superficies de la cuba.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

TIPO DE SUPERFICIE	AREA (S) [m²]	Q [W]
Suelo	6,25 x 5	165,5
Proa	6,25 x 4	132
Babor	5 x 4	105,93
Popa	6,25 x 4	132,41
Estribor	5 x 4	105,93
Techo	6,25 x 5	165,5
Total Cámara		807,7
TOTAL		21000 W

(Fuente: Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca*. (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya.) [38]

4.2 Debidas a la congelación del atún.

Se tomarán los datos, cálculos, formulas y mantendrá mismo formato y enmaquetado de Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca*. (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya. [38]

En este proceso es donde mayor transferencia de calor hay debido, al enfriamiento y cambio de estado del atún.

Aquí se producen procesos diferentes:

- Calor transferido sensible por el atún sin congelar. “(Q_{cong1})”
- Calor transferido latente por el cambio de estado del atún. “(Q_{cong2})”
- Calor transferido sensible por el atún congelado. “(Q_{cong3})”

Para saber el calor necesario a transferir para congelar un atun capturado y llevarlo a la temperatura de conservación asignada debemos sumar los tres.

$$Q_{cong1} = m \cdot C_{e1} \cdot (T_{ent} - T_{cong}) \quad ec.7$$

$$Q_{cong2} = m \cdot C_{cong} \quad ec.8$$

$$Q_{cong3} = m \cdot C_{e2} \cdot (T_{cong} - T_{reg}) \quad ec.9$$

Donde:

“m = masa de entrada diaria de atún”

“C_{e1} = calor específico del atún”

“C_{e2} = calor específico del atún congelado”

“C_{cong} = calor latente de congelación”

“T_{ent} = temperatura de entrada del atún”

“T_{cong} = temperatura de congelación del atún”

“T_{reg} = temperatura de régimen”

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Para los cálculos se tomarán 140 Tn de atún capturado al día en agua de mar a 20 °C y la temperatura de conservación por estándares de calidad exigidos por el cliente será -20°C.

Los datos restantes se obtendrán del libro publicado por: Luís Santos Rodríguez y José Fernando Núñez Basáñez. (1994). *Fundamentos de Pesca*. Madrid. Fondo editorial de ingenieros navales. [15]

“C _{e1}	0,41 kcal/kg”
“C _{e2}	0,22 kcal/kg”
“C _{cong}	55 kcal/kg”
“T _{cong}	-2.2 °C”

Ya sabiendo todos los datos necesarios, procedemos a realizar el cálculo.

$$“Q_{cong1} = m \cdot C_{e1} \cdot (T_{ent} - T_{cong}) = 1274280 \text{ kcal/día} = 53095 \text{ kcal/h} = 45,66 \text{ kW}”$$

$$“Q_{cong2} = m \cdot C_{cong} = 7700000 \text{ kcal/día} = 320833 \text{ kcal/h} = 275,92 \text{ kW}”$$

$$“Q_{cong3} = m \cdot C_{e2} \cdot (T_{cong} - T_{reg}) = 548240 \text{ kcal/día} = 22843 \text{ kcal/h} = 19,65 \text{ kW}”$$

$$“Q_{cong} = Q_{cong1} + Q_{cong2} + Q_{cong3} = 341, 23 \text{ kW}” \quad \text{ec.10}$$

4.3. Otras cargas.

En este tipo de instalación no se consideran otras fuentes de calor como pueden ser: alumbrados, motores, etc. La única fuente de calor que se puede considerar es del sistema de desencarce, aunque muy poco utilizado en esta industria.

Este calor producido se puede tomar como el 10% de calor producido por los demás procesos.

$$“Q_{desescarche} = (Q + Q_{cong}) \cdot 10\% = 36,22 \text{ kW}” \quad \text{ec.11}$$

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

4.4 Total de cargas térmicas.

Se tomarán los datos, cálculos, formulas y mantendrá mismo formato y enmaquetado de Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca.* (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya. [38]

Una vez hecho el cálculo del calor que se ha de extraer de la captura diaria de atún a de tenerse en cuenta en tiempo en que debe llegar a la temperatura de consigna debido a las exigencias de los estándares de calidad. En este caso, el tiempo exigido es de 20 horas tras la recepción del pescado. Por seguridad ya que la teoría nunca es precisa en la realidad o puede haber mayor cantidad de captura se le aplicara al resultado 10% a mayores.

$$“Q_{total} = (Q + Q_{cong} + Q_{desescarche}) = 398,45 \text{ kW}”$$

$$“Q_e = (Q_{total} \cdot 24 \text{ h} / \text{horas de funcionamiento}) \cdot \text{coef. seg.}”$$

$$“Q_e = (398,45 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} / 20 \text{ h}) \cdot 110\% = 525,95 \text{ kW} = 715,3 \text{ CV}”$$

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

CAPITULO 5

Calculo del aislante

Se tomarán los datos, cálculos, formulas y mantendrá mismo formato y enmaquetado de Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca*. (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya. [38]

Para evitar transmisión de calor del agua del mar y demás hacia el interior de la cuba donde se encuentra el atún congelado debe de haber un aislante con un espesor adecuado para que su instalación no se costosa y a su vez mantenga la cuba aislada para que el gasto energético para conservar la temperatura de consigna no sea elevado. Aquí es donde radica la problemática entre eficiencia y gastos a la hora elegir un espesor adecuado a las necesidades.

En este apartado mencionaremos brevemente la problemática de la formación de hielo, ya que actúa como aislante dificultando la transmisión de calor.

El autómata de la instalación al detectar que la presión de baja disminuye fuera del rango, detecta que no tiene necesidad de poner el compresor al 100 % de su capacidad y va disminuyendo potencia para no producir más hielo. Pero ya tarde, los intercambiadores no son capaces de absorber todo el calor para los cuales estaban diseñados debido a que una capa de hielo actúa como aislante.

Como ya se ha descrito anteriormente se utilizará la formula de transmisión de calor.

$$“Q = K \cdot S \cdot Dt” \qquad \text{ec.12}$$

Donde:

“K= coeficiente global de transmisión de calor de la pared”

“S = superficie”

“Dt = diferencia de temperaturas”

Para hallar el Coeficiente global de transmisión de calor usaremos la siguiente fórmula:

$$“ \frac{1}{\frac{1}{hi} + \frac{1}{he} + \frac{e}{k}} = K ” \qquad \text{ec.13}$$

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Donde:

“ h_i = coeficiente de transmisión de calor interior”

“ h_e = coeficiente de transmisión de calor exterior”

“ e = espesor”

“ y = conductividad térmica del aislante”

Este tipo de instalación para congelar el atún inmerso en una disolución de ClNa se asemeja a las cámaras de congelación existentes en tierra.

Para hallar el flujo de calor nos ayudaremos del libro publicado por: Pablo Melgarejo Moreno. (2000). *Cámaras frigoríficas y Túneles de Enfriamiento Rápido*. Madrid. AMV editores. [18]

$$“6,98 \text{ W/m}^2 = K \cdot Dt” \quad \text{ec.14}$$

Operando en la formula ec.13 (coeficiente global de trasmisión) podremos despejar el espesor necesario.

$$“\left[\left(\frac{\Delta t}{Q}\right) - \left(\frac{1}{h_i}\right) - \left(\frac{1}{h_e}\right)\right] * y = e” \quad \text{ec.15}$$

Como aislante más común utilizado en las cubas es el poliuretano proyectado, muy fácil de instalar y económico. Con unas muy buenas características técnicas: “conductividad térmica de 0,023 W/m °C y una densidad de 40 kg/m³.”

“La temperatura media exterior es de 30 °C con una humedad del 75% mientras que la temperatura interior es de -20 °C con una humedad del 40%. Mediante el diagrama psicométrico del aire se encuentran los coeficientes de transmisión de calor que son los siguientes: $h_e = 24 \text{ kcal/kg}$ y $h_i = 0,5 \text{ kcal/kg}$.”

Con todos estos valores vamos a la ec. 15 para obtener el valor del espesor.

$$“e = 0,22 \text{ m.}”$$

Si se lee entre líneas, en estos capítulos, podemos observar como el hielo se transforma en un aislante de más o menos espesor que dificulta la transmisión de calor de la instalación haciendo que esta pierda eficiencia.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

CAPITULO 6

Se tomarán los datos, cálculos, formulas y mantendrá mismo formato y enmaquetado de Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca*. (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya. [38]

Ciclo frigorífico del amoniaco en esta clase de instalación.

“Temperatura evaporación = -25 °C”

“Presión absoluta evaporación = 1,5 bar”

“Temperatura condensación = 35 °C”

“Presión condensación = 13,51 bar”

Según el libro publicado por: J. Navarro, R. Cabello y E. Torrela. (2003). *Fluidos refrigerantes: Tablas y diagramas*. Madrid. AMV Editores. [22]. El amoniaco al poseer un alto coeficiente adiabático, en la etapa final de la compresión su temperatura es perjudicial para el compresor ya que la temperatura de descarga en una compresión simple estaría por encima de la temperatura crítica del refrigerante.

Si la relación de compresión supera la unidad 8, se aconseja usar una doble compresión con refrigeración intermedia.

Con el amoniaco, si se comprime con compresores de alternativos de pistones es necesaria la doble compresión con refrigeración intermedia, si se comprime mediante compresores de tornillos es necesaria la inyección de refrigerante frío a baja presión en medio de etapa de compresión.

“Presión de condensación / Presión de evaporación = 9 (Es necesaria la doble compresión).”

Fórmula para saber donde finaliza la primera compresión y se inicia la segunda compresión.

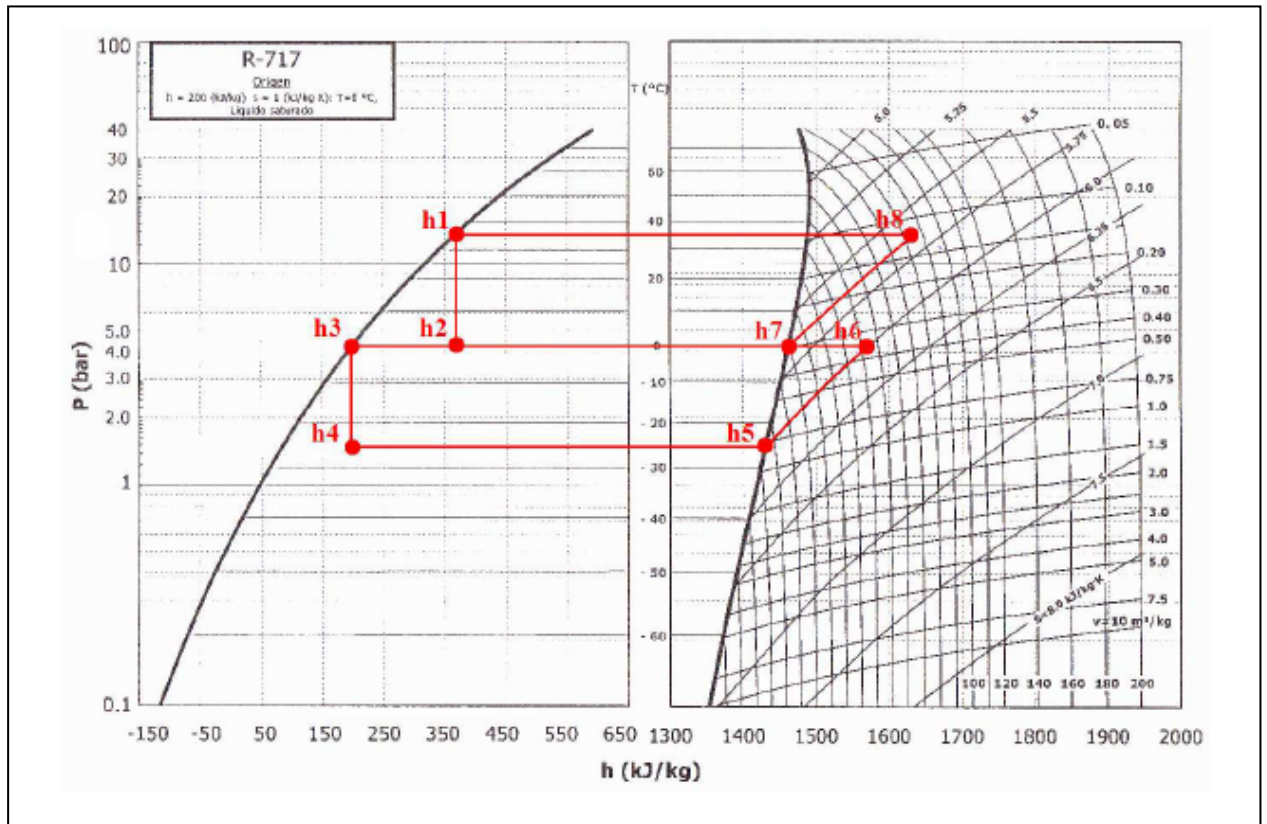
$$“P_i = \sqrt{P_{cond} * P_{evap}} = \sqrt{13,51 * 1,5} = 4,5 \text{ Bar}” \quad \text{ec. 16}$$

Al disponer este compresor de una inyección en la etapa de intermedia de amoniaco en estado gaseoso recién expandido podemos realizar la compresión en una sola etapa, aunque se asemeja a una compresión por dos etapas.

Para hallar los datos termodinámicos de los puntos característicos del ciclo nos ayudaremos de las tablas y diagrama P-h para el amoniaco

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

PUNTO DEL CIRCUITO ENTALPIA [KJ/KG] PRESION [BAR] TEMPERATURA °C



(Fuente: Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca*. (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya) [38]

P	kJ	bar	°C
h1	366,1	13,51	35
h2	366,1	4,5	1
h3	204,6	4,5	1
h4	204,6	1,5	-25
h5	1431	1,5	-25
h6	1570	4,5	50
h7	1463	4,5	1
h8	1630	13,51	80

Con todos los datos obtenidos y calculados hasta ahora podremos calcular todos los parámetros relativos a esta instalación frigorífica:

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

“Caudal másico en estado líquido:”

$$“me = \frac{Qe}{(h5-h4)} = 0,429 \frac{Kg}{s}” \quad ec.17$$

“Caudal másico en estado gaseoso:”

$$“mc = \frac{me*(h6-h3)}{(h7-h2)} = 0,534 \frac{Kg}{s}” \quad ec.18$$

“Potencia del compresor de baja presión:”

$$“Wbp = me * (h6 - h5) = 59,61 KW” \quad ec.19$$

“Potencia del compresor de alta presión:”

$$“Wap = mc * (h8 - h7) = 89,15 KW” \quad ec.20$$

“Potencia total del compresor:”

$$“Wtcomp = Wbp + Wap = 148,76 KW” \quad ec.21$$

“Potencia del condensador:”

$$“Qcond = Qe + Wcond = 674,71 KW” \quad ec.22$$

“Coeficiente de operación:”

$$“COP = \frac{Qe}{Wtcomp} = 3,54” \quad ec.23$$

CAPITULO 7

Teoría de la transmisión de calor por conducción.

Para desarrollar la Teoría de la transmisión de calor por conducción nos ayudaremos de la publicación web: Anónimo. (14 de abril del 2021). *Conducción de calor*. Vista en: https://es.wikipedia.org/wiki/Conduccion_de_calor. [36]

7.1 Trasmisión de calor.

- Conducción de calor

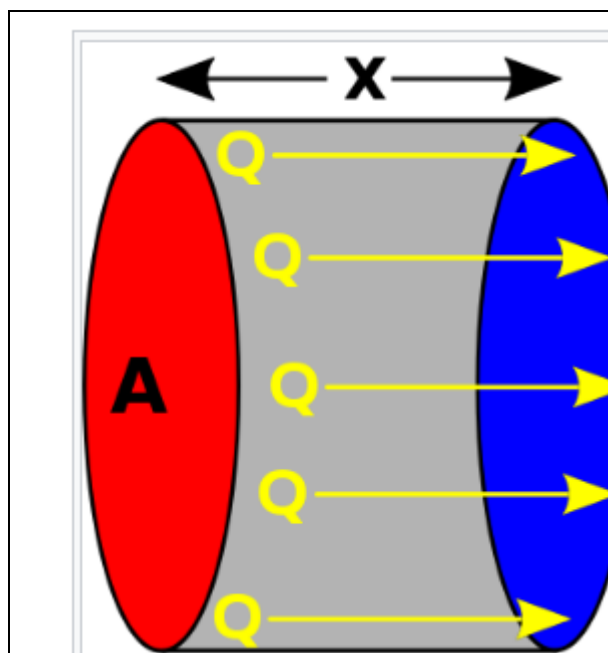


Figura 37. Conducción de calor

(Fuente: Anónimo. (14 de abril del 2021). *Conducción de calor*. Vista en: https://es.wikipedia.org/wiki/Conduccion_de_calor.

El intercambio de calor solo se produce en una dirección según la 2ª Ley de la Termodinámica, desde el foco caliente al foco frío. “La relación cuantitativa entre el flujo, las variación espacial y temporal de la temperatura se describe en la Ley de Fourier”.

La transmisión de calor por contacto directo (conducción) es por contacto directo de los cuerpos, estos dependiendo de su conductividad térmica conducen más o menos. Los materiales aislantes ofrecen muy poca conductividad térmica.

Aquí entra la problemática de la formación de hielo en las superficies de intercambio de calor.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Esta transmisión de calor es el intercambio de energía interna de sus partículas. Atendiendo de la naturaleza interna del cuerpo en cuestión tendrá una conductividad térmica u otra. Esta energía interna se puede explicar como la vibración de sus partículas o la cesión de electrones libres.

Esta sería la formula simplificada para un caso de trasmisión de calor por conducción:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA}{e} (T_1 - T_2) \quad \text{ec.24}$$

Donde:

“ $\frac{Q}{\Delta t}$ Calor transmitido por unidad de tiempo”

“k Conductividad térmica”

“A Área de la superficie de contacto”

“e Espesor del material”

“(T₁ – T₂) Diferencia de temperatura entre el foco caliente y el frio”

- “Procesos de transferencia de calor”

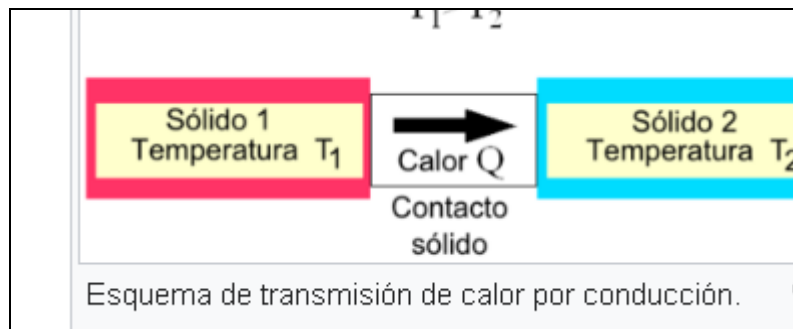


Figura 38. Esquema de transmisión de calor por conducción.

(Fuente: Anónimo. (14 de abril del 2021). *Conducción de calor*. Vista en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Conduccion_de_calor.](https://es.wikipedia.org/wiki/Conduccion_de_calor)) [36]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

A continuación, explicaremos los tres métodos que existen en la naturaleza para que se produzca el intercambio de calor entre materiales.

- **Conducción.** Cuando dos cuerpos se tocan, pero no hay intercambio de materia. Al tocar un cuerpo caliente no quemamos.
- **Convección.** Cuando en mismo cuerpo la materia porta el calor y esta se desplaza. Un ejemplo simple es el del agua que se desplaza por gravedad en su columna dependiendo de su temperatura (densidad)
- **Radiación.** Es energía que viaja a través de los fotones u ondas electromagnéticas. Un buen ejemplo es cuando nos calentamos al sol.

Los procesos más importantes en la conducción de calor son: la conducción y la convección ya que las cantidades de energía que se transfieren son grandes. Por el contrario, la energía transferida por radiación es pequeña.

Sírvase de ejemplo: la energía generada al quemar madera se aprovecha mejor en una caldera para calentar agua para un sistema de calefacción por radiadores que si se quemase en una chimenea de estilo francés.

Una explicación sencilla a este fenómeno puede ser esta: al calentar una materia, esta energía interna se almacena en su interior en forma de vibración de sus partículas. Y luego esta vibración se va expandiendo por todas las partículas que componen el cuerpo en forma de frente. Provocando que la materia este caliente, es decir, su energía interna haya aumentado haciendo que todas sus partículas vibren.

En la naturaleza existes diferentes clases de materiales, tanto naturales como compuestos por el ser humano. Todos ellos tienen diferentes conductividades térmicas pudiéndolos englobar de dos grupos diferente: “buenos conductores del calor” y “malos conductores o aislantes.”

En el fenómeno de intercambio de calor entre cuerpos suele presente las tres formas existentes de transferencia de calor. Pero una de ellas va ser la que mayor de cantidad de calor transfiera respecto a las demás.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

- Conducción.

Según la Ley de Fourier: “el flujo de transferencia de calor por conducción en un medio isótropo es proporcional y de sentido contrario al gradiente de temperatura en esa dirección.”

$$“q = -k\nabla T” \quad \text{ec.25}$$

Donde:

“q Vector de flujo de calor por unidad de superficie (Wm^{-2})”

“k Conductividad térmica (constante de proporcionalidad) ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)”

“ ∇T Gradiente del campo de temperatura en el interior del material ($\text{K}\cdot\text{m}^{-1}$)”

Entonces se puede afirmar que el calor fluye por conducción en sentido en que el mayor gradiente negativo de temperatura, a través de un medio isotrópico. Integrando mediante esta ecuación se puede determinar el calor que pasa a través de una superficie por unidad de tiempo.

$$“\frac{dQ_s}{dt} = \int_s q * dS = -k \iint_s \nabla T * dS” \quad \text{ec.26}$$

También existe una ecuación más general para expresar la conducción de calor de forma diferencial teniendo en cuenta o reflejando:

- Balance neto de calor intercambiado entre cuerpos.
- Calor que se genera dentro de los cuerpos.
- Calor acumulado en los cuerpos.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

$$\alpha \left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} \right) + \frac{q_G}{\rho C_p} = \frac{\delta T}{\delta t} \quad \text{ec.27}$$

Donde:

“ α Difusividad térmica”

“ $\left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} \right)$ Operador laplaciano del campo de temperatura, que mide el flujo neto de calor”

“ ρ Densidad del material”

“ C_p Calor específico del material”

“ q_G Calor generado por unidad de volumen”

“ $\frac{\delta T}{\delta t}$ Variación de temperatura con el tiempo”

$$\alpha = k * \rho * C_p \quad \text{ec.28}$$

Donde:

“ α Difusividad térmica”

“ k Conductividad térmica”

“ ρ Densidad del material”

“ C_p Calor específico del material”

Si se aplica el principio de la “Conservación de la Energía” se puede obtener la “Ecuación de la Conducción de Calor”. “Esta ecuación es un caso particular de la Ecuación de Poisson.”

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

- “Conductividad térmica”

Para determinar cómo se comportan los materiales en relación a transmisión de calor a través de ellos se usa el valor de la “Conductividad térmica”. Ya que se ha demostrado que a diferentes temperaturas este valor varía, se tomo como valor patrón de temperatura, la de 300°K a la hora de hacer los pertinentes ensayos para poder determinar el valor de la conductividad térmica que poseen los diferentes materiales.

En los ensayos se pudo observar que los metales tienen una gran conductividad térmica, los gases poseen poca y cuerpos iónicos y covalentes escasa. Los materiales aislantes a base de fibra de vidrio poseen una conductividad térmica muy baja, por ello son los más apropiados para usar de aislante térmico en este tipo de instalaciones. Para lograr una conductividad térmica casi nula, hay que proceder a hacer el vacío. Ya que la ausencia de cualquier sustancia dificulta la transmisión de calor.

Material	λ	Material	λ	Material	λ
Acero	47-58 ⁹	Corcho	0,04-0,30	Mercurio	83,7
Agua	0,58	Estaño	64,0	Mica	0,35
Aire	0,02	Fibra de vidrio	0,03-0,07 ⁹	Níquel	52,3
Alcohol	0,16	Glicerina	0,29	Oro	308,2
Alpaca	29,1	Hierro	80,2	Parafina	0,21
Aluminio	209,3	Ladrillo	0,80	Plata	406,1-418,7
Amianto	0,04	Ladrillo refractario	0,47-1,05	Plomo	35,0
Bronce	116-186	Latón	81-116	Vidrio	0,6-1,0
Zinc	106-140	Litio	301,2	Yeso	0,488
Cobre	372,1-385,2 ⁹	Madera	0,13 ⁹	Polietileno	0,035

Diferentes Materiales con sus Coeficientes de Conductividad

(Fuente: Anónimo. (14 de abril del 2021). *Conducción de calor*. Vista en:

https://es.wikipedia.org/wiki/Conduccion_de_calor. [36]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

“El coeficiente de conductividad térmica (λ) expresa la cantidad o flujo de calor que pasa a través de la unidad de superficie de una muestra del material, de extensión infinita, caras plano paralelas y espesor unidad, cuando entre sus caras se establece una diferencia de temperatura igual a la unidad, en condiciones estacionarias.”

Unidades en el Sistema Internacional $W.m^{-1}.K^{-1}$ ($J/s.m^{-1}.^{\circ}C^{-1}$).

Unidades del British Thermal Units $Btu.h^{-1}.ft^{-1}.^{\circ}F^{-1}$.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

CAPITULO 8

Problemática de la formación de hielo

En este capítulo nos vamos a centrar en la problemática de la formación de hielo en los sitios críticos de la instalación en su totalidad, viendo en qué puntos puede formarse este hielo, el motivo por pérdida de eficiencia en cada punto y sus posibles soluciones.

Como ya hemos visto anteriormente la transferencia de calor depende:

- Conductividad térmica del material
- Espesor del material
- Área de intercambio de calor
- Gradiente de temperaturas
- Volumen másico que circula por el sistema
- Densidad de las salmueras para evitar su congelación

Al formarse el hielo en los diferentes puntos de instalación, actúa como aislante térmico por su baja conductividad térmica y a medida que se sigue dando frío el espesor de este aumenta provocando más si cabe la pérdida de eficiencia de la instalación.

Esto se traduce en mayores tiempos para la congelación de las capturas y no conseguir las temperaturas de consigna establecidas por criterios de la calidad del producto.

8.1 Intercambiador Amoniac / Disolución de Cloruro Cálcico

En el primer equipo que nos vamos a centrar es el separador de partículas de la instalación frigorífica donde se produce la expansión (cambio de fase de líquido a gas) del amoniac con la aportación de calor.

Se trata de intercambiador de placas por el que circulo el Cloruro Cálcico dentro del Separador de partículas.

- Zona del Intercambiador: Amoniac

Aquí la pérdida de eficiencia puede ser por la presencia de hielo o aceite de lubricación en exceso.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Presencia de hielo:

Al trabajar con Amoniaco hay que seguir unos protocolos de seguridad y buenas prácticas estrictas ya que este toxico y muy hidrosκόpico.

La formación de hielo puede ser por la presencia de humedad en la instalación, amoniaco contaminado y/o aire.

Para evitar esto a la hora de actuar en la instalación hay que asegurarse de aislar bien la zona donde se va a trabajar y una vez finalizado el trabajo purgar el aire o hacer el vacío de la zona antes de volver a abrir esa zona y ponerla en comunicación con el resto de la instalación.

Esta presencia de hielo se manifiesta con una pérdida en el intercambio de calor con el Cloruro Cálcico, lo cual se puede apreciar que el compresor (autómata) va quitando capacidad volumétrica y mecánica debido a que el amoniaco no tiene el suficiente calor para cambiar de fase con el flujo másico que da el compresor al 100%. También se detecta que se tarda más de lo debido en enfriar el Cloruro Cálcico y el gradiente de temperaturas entre la salida y entrada de este no es el adecuado.

Cuando se detecta la presencia de humedad en la instalación una solución es vaciarla entera de amoniaco, hacerla el vacío para eliminar los restos de humedad y volver a cargar el amoniaco necesario evitando la entrada de humedad. Esto lleva su tiempo y requiere gasto.

Otra opción es drenar la humedad; esto se consigue haciendo funcionar la instalación (si la presencia de humedad es alta, habrá que falsear la señal del transductor de baja presión para que el automático no pare el compresor). Con ello se provoca que la humedad se retenga en forma de hielo en el separador de partículas.

Una vez pasado un tiempo, se para la instalación de forma normal para que haga la recogida de amoniaco líquido y así perder el menos posible. Por diferencias de densidades entre el amoniaco, agua y aceite; el agua y aceite se sitúan en la parte inferior del separador de partículas pasado un tiempo adecuado (para que el hielo se descongele y se vaya situando en la zona inferior). El separador de partículas en esta zona tiene una purga para este propósito: drenar la posible existencia de agua y aceite gracias a la presión reinante en el interior.

El proceso habrá finalizado cuando comience a salir burbujas de amoniaco. Todo este proceso hay que realizarlo con una manguera sumergida en agua, la cual va a retener el amoniaco. Aparte de

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

tener a mano las medidas de seguridad pertinente para estos casos (traje químico, guantes, y mascarara para amoniaco).

Presencia de aceite excesiva:

El amoniaco en su ciclo por la instalación arrastras partículas de aceite utilizado para la lubricación del compresor de tornillo en sus diferentes partes móviles, aunque en la instalación haya dos elementos para recuperar este aceite (separador de aceite y recuperación de aceite del separador de partículas) puede que uno de ellos actué mal y se acumule el aceite en separador de partículas creando una capa aislante.

Al trabajar con Amoniaco hay que seguir unos protocolos de seguridad y buenas prácticas estrictos ya que este toxico y muy hidrosκόpico.

Para evitar esto a la hora de actuar en la instalación hay que asegurarse de aislar bien la zona donde se va a trabajar y una vez finalizado el trabajo purgar el aire o hacer el vacio de la zona antes de volver a abrir esa zona y ponerla en comunicación con el resto de la instalación.

Esta presencia de hielo se manifiesta con una pérdida en el intercambio de calor con el Cloruro Cálcico, lo cual se puede apreciar que el compresor (autómata) va quitando capacidad volumétrica y mecánica debido a que el amoniaco no tiene el suficiente calor para cambiar de fase con el flujo másico que da el compresor al 100%. También se detecta que se tarda más de lo debido en enfriar el Cloruro Cálcico y el gradiente de temperaturas entre la salida y entrada de este no es el adecuado. Aparte de un descenso apreciable en nivel de aceite del depósito de aceite de lubricación.

La solución a este problema es reparar el elemento que esté dando el fallo y drenar este aceite del separador de partículas.

Para ello una vez parada la instalación se esperada un tiempo para que el aceite de situé en la parte inferior del separador de partículas y se procederá a su purgado de la misma forma que hemos comentado anteriormente.

Reponer el aceite extraído por aceite nuevo evitando la entrada de aire/humedad.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

- Zona del intercambiador: Cloruro Cálcico

Aquí la formación del hielo es debido a que la temperatura de evaporación del amoniaco es inferior a la temperatura de congelación de la disolución de Cloruro Cálcico, provocando la congelación de la disolución de Cloruro Cálcico formando hielo y cristales los cuales actúan como aislante debido a su baja conductividad térmica.

Esta presencia de hielo se manifiesta con una pérdida en el intercambio de calor con el Cloruro Cálcico, lo cual se puede apreciar que el compresor (autómata) va quitando capacidad volumétrica y mecánica debido a que el amoniaco no tiene el suficiente calor para cambiar de fase con el flujo másico que da el compresor al 100%. También se detecta que se tarda más de lo debido en enfriar el Cloruro Cálcico y el gradiente de temperaturas entre la salida y entrada de este no es el adecuado. Aparte se aprecia una disminución en la presión de salida de la disolución de Cloruro Cálcico no asociada al ensuciamiento del filtro de entrada.

Hay posibles causas: densidad inferior a las temperaturas de trabajo o falta de transmisión de calor en los serpentines de las cubas (presencia de hielo en los serpentines de las cubas).

Densidad inferior a las temperaturas de trabajo:

Como hemos mencionado en el Capítulo 2, apartado 2.9 Características de la Disolución de Cloruro Cálcico, a una densidad dada le corresponde una temperatura de congelación. Si tenemos una densidad baja correspondiente a las temperaturas que queremos conseguir de trabajo provocaremos este problema.

A la hora de elegir la densidad con la que se va a trabajar hay que tener la temperatura del trabajo: Salmuera en las cubas -18°C o -15°C , utilizaremos la más extrema, Temperatura de evaporación del amoniaco en régimen normal -26°C y la temperatura de congelación.

Hay que elegir la densidad adecuada ya que de ello dependerá la eficiencia de la instalación y potencia, ya que depende de la densidad escogida tendremos diferentes valores de:

- Temperatura de trabajo.
- Temperatura de congelación.
- Densidad y viscosidad que se traduce en el flujo másico que mueve la bomba (aparte de su consumo).
- Calor específico.
- Conductividad térmica.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Visto las temperaturas, la densidad ideal sería de un 27.5% de peso de Cloruro Cálcico para tener un margen de seguridad.

Esta presencia de hielo se manifiesta con una pérdida en el intercambio de calor con el Cloruro Cálcico, lo cual se puede apreciar que el compresor (autómata) va quitando capacidad volumétrica y mecánica debido a que el amoniaco no tiene el suficiente calor para cambiar de fase con el flujo másico que da el compresor al 100%. También se detecta que se tarda más de lo debido en enfriar el Cloruro Cálcico y el gradiente de temperaturas entre la salida y entrada de este no es el adecuado. Aparte se aprecia una disminución en la presión de salida de la disolución de Cloruro Cálcico no asociada al ensuciamiento del filtro de entrada.

Una solución sería parar la instalación y esperar a la desaparición del hielo a la vez que adecuamos la densidad.

Pero si queremos tener la instalación otra vez operativa al 100% una forma de acelerar la desaparición del hielo sería parar la instalación y poner en marcha en manual la bomba de Cloruro Calcio; así mediante la circulación de la disolución de Cloruro Cálcico irá desapareciendo.

Presencia de hielo en los serpentines de las cubas:

Una mala densidad de la salmuera en las cubas puede provocar la congelación de esta en los serpentines, formando hielo que actúa como aislante. Con lo que se provoca un enfriamiento por debajo de las temperaturas de trabajo de la disolución de Cloruro Cálcico. Pudiendo provocar que este empiece a formar cristales de hielo si no se para la instalación antes de superar la temperatura de congelación de este. Por ello de mantener un margen de seguridad en la densidad de la disolución de Cloruro Cálcico. Es preferible perder eficiencia en una cuba que no en una instalación frigorífica.

Esta presencia de hielo se manifiesta con una pérdida en el intercambio de calor con el Cloruro Cálcico, lo cual se puede apreciar que el compresor (autómata) va quitando capacidad volumétrica y mecánica debido a que el amoniaco no tiene el suficiente calor para cambiar de fase con el flujo másico que da el compresor al 100%. También se detecta que se tarda más de lo debido en enfriar el Cloruro Cálcico y el gradiente de temperaturas entre la salida y entrada de este no es el adecuado.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Las causas y posibles soluciones los trataremos en el apartado siguiente: Intercambiador Disolución de Cloruro Cálcico / Salmuera.

8.2 Intercambiador Disolución de Cloruro Cálcico / Salmuera.

En este apartado abordaremos los sistemas destinados a enfriar la salmuera la cual transmite el frío a las capturas. Concretamente se disponen de dos equipos: Serpentes impresos de media caña en los mamparos de las cubas e intercambiadores de calor de placas externos a las cubas para el enfriamiento rápido de la salmuera.

A continuación, vamos a tratar los dos equipos por separado

- Serpentes impresos de media caña en los mamparos de las cubas.

Aparte de para la conservación sirven para la congelación, por su interior fluye la disolución de Cloruro Cálcico portadora de calor, en el exterior de estos se encuentra la salmuera a enfriar. En el interior de la cuba hay 3 circuitos independientes.

Esta presencia de hielo o suciedad se manifiesta con una pérdida en el intercambio de calor con la salmuera, lo cual se puede apreciar que el compresor (autómata) va quitando capacidad volumétrica y mecánica debido a que el amoníaco no tiene el suficiente calor para cambiar de fase con el flujo másico que da el compresor al 100%. También se detecta que se tarda más de lo debido en enfriar la salmuera y el gradiente de temperaturas entre la salida y entrada de este no es el adecuado.

Zona del Serpente de Cloruro Cálcico.

En esta zona en muy raro la formación de hielo, más bien, la pérdida de eficiencia se puede dar por la acumulación de suciedad y lodos en las paredes del serpente.

La solución sería hacer una limpieza programada de todo el circuito de Cloruro Cálcico como el tanque de compensación para evitar la acumulación de esta suciedad y lodos que resultan perjudiciales.

Zona del Serpente de Salmuera.

Aquí se puede observar visualmente la formación de hielo o la presencia de suciedad en el fondo de la cuba.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Esta presencia de hielo o suciedad se manifiesta con una pérdida en el intercambio de calor con la salmuera, lo cual se puede apreciar que el compresor (autómata) va quitando capacidad volumétrica y mecánica debido a que el amoniaco no tiene el suficiente calor para cambiar de fase con el flujo másico que da el compresor al 100%. También se detecta que se tarda más de lo debido en enfriar la salmuera y el gradiente de temperaturas entre la salida y entrada de este no es el adecuado.

Como hemos mencionado en el Capítulo 2, apartado 2.7 Características de la Salmuera, a una densidad dada le corresponde una temperatura de congelación. Si tenemos una densidad baja correspondiente a las temperaturas que queremos conseguir y trabajo provocaremos este problema.

A la hora de elegir la densidad con la que se va a trabajar hay que tener la temperatura del trabajo: Salmuera en las cubas – 18°C o -15°C, utilizaremos la más extrema, Temperatura de evaporación del amoniaco en régimen normal -26°C y la temperatura de congelación.

Hay que elegir la densidad adecuada ya que de ello dependerá la eficiencia de la instalación y potencia, ya que depende de la densidad escogida tendremos diferentes valores de:

- Temperatura de trabajo.
- Temperatura de congelación.
- Densidad y viscosidad que se traduce en el flujo másico que mueve la bomba (aparte de su consumo).
- Calor específico.
- Conductividad térmica.

Debido a que se trabaja a dos temperaturas de consigna: -15°C y -18°C, hay que saber jugar bien con la salmuera vieja (baja densidad por presencia de agua, sangre, escamas, etc.) y salmuera nueva (alta densidad); así como o cuando reforzar la salmuera vieja o desecharla por su escasa densidad.

Una mala densidad de la salmuera en las cubas puede provocar la congelación de esta en los serpentines formando hielo que actúa como aislante. Con lo que se provoca un enfriamiento por debajo de las temperaturas de trabajo de la disolución de Cloruro Cálcico. Pudiendo provocar que este empiece a formar cristales de hielo si no se para la instalación antes de superar la temperatura de congelación de este. Por ello de mantener un margen de seguridad en la densidad de la disolución de Cloruro Cálcico. Es preferible perder eficiencia en una cuba que no en una instalación frigorífica.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Aquí es donde se deberá prestar la mayor atención posible, ya que una mala densidad afecta al sistema de frío en su conjunto, calidad del pescado, temperatura de conservación, facilidad para la descarga (formación de bloques dentro de la cuba que no salen por la boca de esta y hay que romperlos). Aparte de tener en cuenta de cargar la cuba entre el 85-90% de su capacidad total, ya que la captura al congelarse tiende a hincharse y hay quejar hueco para ello, sino queda apretado como un bloque en la cuba y su descarga es muy difícil.

Debido a que se trabaja a dos temperaturas diferentes se tendrán salmueras de diferentes densidades (siempre hay que dejar un margen de seguridad de 0.5°C o 1°C:

Para el producto conservado a -15°C la densidad de salmuera mínima será de 18% en peso, pero por seguridad pasaría a una salmuera de 19% en peso. Así se evita la formación de bloques de pescado y hielo en los serpentines.

Para el producto conservado a -18°C la densidad de salmuera mínima será de 22,5% en peso casi muy cerca del punto eutéctico que sería de un 23,1% en peso con una temperatura de congelación de -21.1°C. Se puede observar que aquí se trabaja en los límites, lo que ocasiona una gran posibilidad de formación de hielo en los serpentines de las cubas. Cuando se detecta, la única posibilidad para seguir dando frío sería la utilización de los intercambiadores externos. Ya que estos una vez utilizados, ya por si solos sufren un desescarche natural sin afectar al producto.

También una vez finalizado los procesos de preparación de la salmuera nueva, decantación de la salmuera nueva, descarga del pescado es conveniente limpiar la cuba para eliminar la suciedad que pueda quedar y actúa como aislante hay situarse encima de los serpentines del suelo.

- Intercambiadores de calor de placas externos a las cubas para el enfriamiento rápido de la salmuera.

Son similares a los mencionados anteriormente, salvo que estos disponen un filtro de la entrada de la zona de salmuera para evitar que la suciedad (restos de pescado, etc. llegue y se acumule en interior del intercambiador de placas). Cuando está sucio provoca una mala circulación de la salmuera por dentro del intercambiador, formándose hielo en su interior con la correspondiente caída de capacidad del compresor como hemos descrito anteriormente.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

CAPITULO 9

Metodología seguida

La metodología seguida será la comprobación en campo de las conclusiones obtenidas teóricamente. Se aplicarán a bordo, aunque ya por la experiencia del sector más o menos se sabe cómo trabajar, más si cabe con el producto conservado a -18°C ya que es algo nuevo relativamente.

Se recogerán datos en cada lance, así como durante su congelación:

- Histórico de temperaturas hasta llegar a temperatura de consigna.
- Inspección visual de los serpentines siempre que se pueda.
- Numero de lance contra esa cuba.
- Toneladas de atún y tipo existente.
- Metros cúbicos de salmuera existente, densidad y temperatura.
- Toneladas de atún capturado y temperatura.
- Metros cúbicos de salmuera al inicio de la congelación, temperatura, densidad, fecha y hora
- Caída de temperatura inicial en los primeros 15 minutos.
- Metros cúbicos de salmuera al final de la congelación a temperatura de consigna, temperatura, densidad, fecha y hora.
- Tiempo de congelación media por 10 Toneladas Capturadas.
- Caída de densidad media por 10 Toneladas Capturadas.

Para llevar un control y calcular ciertos datos nos ayudaremos una hoja Excel programada la cual nos puede dar los siguientes datos (se mostrarán mediante diversas capturas de pantalla):

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

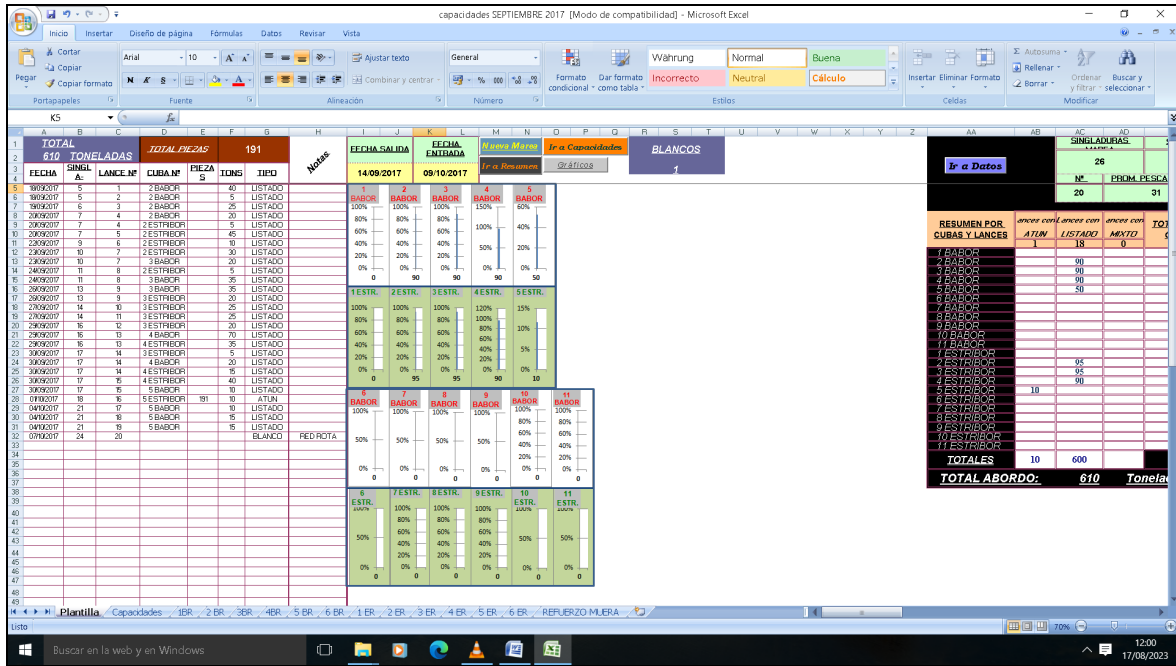


Tabla 5. Excel programado cálculos
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

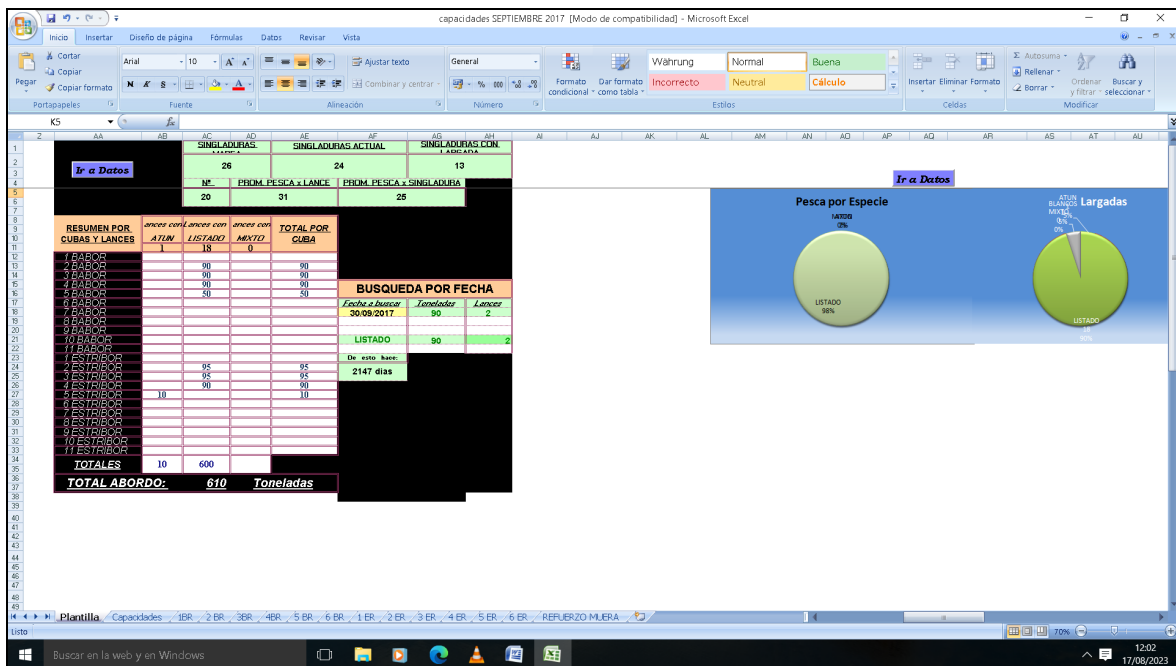


Tabla 5. Excel programado cálculos
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

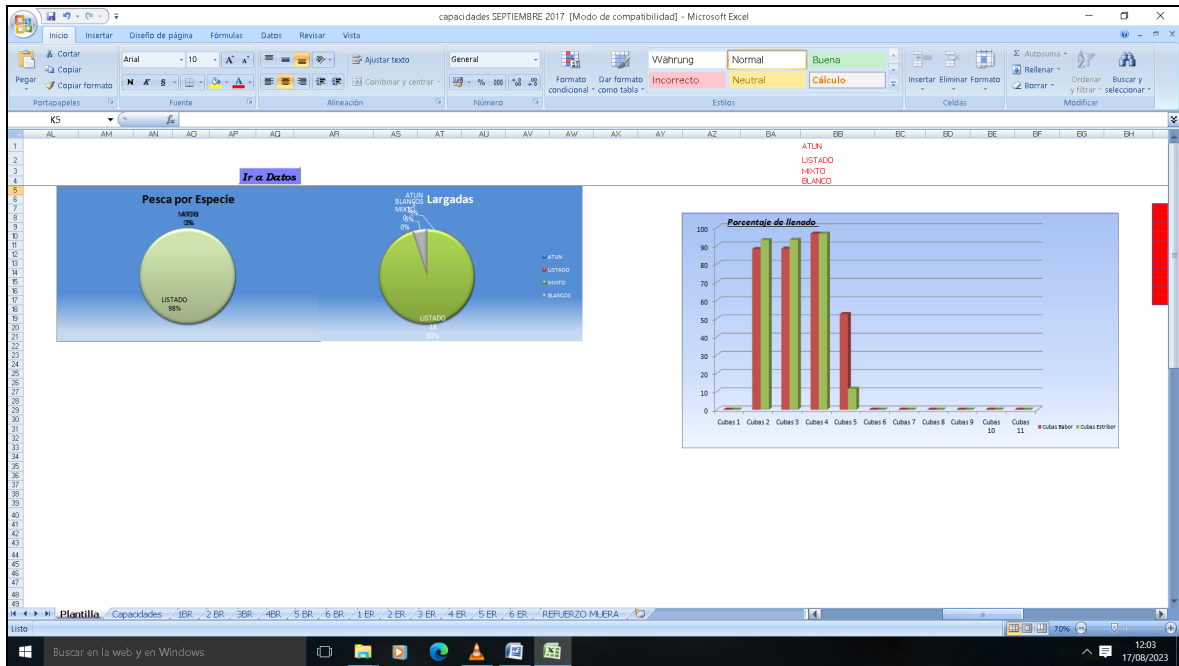


Tabla 5. Excel programado cálculos
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

Tabla 5. Excel programado cálculos
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

LANCE/FECHA	15-9-23 0:00	17-9-23 14:00
Numero de lance / CUBA	1/ 1BR	2/ 1BR
Tn Pescado existente	0,00	20,00
M³ Salmuera existente	140,00	100,00
Densidad Salmuera existente	20,00	19,50
Temperatura	-15,00	-15,50
Tn Pescado capturado	30,00	20,00
Temperatura pescado capturado	28,00	27,00
M³ Salmuera existente	100,00	60,00
Fecha/Hora inicio congelación	15-9-23 6:00	17-9-23 14:00
Temperatura inicio congelación	-7,00	-6,00
Caída de temperatura	8,00	9,50
Densidad Salmuera existente	19,00	18,50
Caída de densidad	1,00	1,00
Fecha/Hora fin congelación	15-9-23 12:00	17-9-23 23:00
Temperatura fin de congelación	-15,00	-15,00
Densidad Salmuera existente	19,50	19,00
Tiempo de congelación	0-1-00 6:00	0-1-00 9:00
	6	9
Tiempo de congelación por 10 Tn	2	4,5
Caída de densidad	0,50	0,50
Caída de densidad por 10 Tn	0,17	0,25
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	0,50	
Caída de densidad por 10 Tn Medio	3,25	
Presencia de hielo en el serpentín	NO	

Tabla 5. Excel programado cálculos
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Registro temperaturas (horas)	
0	-7,00
2	-8,00
4	-10,00
6	-12,00
8	
10	
12	
14	
16	
18	
20	
22	
24	
26	
28	
30	
32	
34	
36	
38	
40	
42	
44	
46	
48	
50	
52	
54	
56	
58	
60	

Tabla 5. Excel programado cálculos (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

CAPITULO 10

Resultados y conclusiones

10.1 Resultados

Al finalizar el presente trabajo se esperan como resultados; la introducción en el proceso de congelación del atún mediante la técnica de inmersión en salmuera, la preparación de esta, equipo utilizado para el proceso de congelación y a su vez el porqué de congelarlo una vez capturado. Aunque la finalidad de este trabajo era situar las pérdidas de eficiencia de este tipo de instalaciones por formación de hielo y la presencia de suciedad.

A si mismo nos ha servido para investigar y afianzar nuestros conocimientos en el tema relacionado a la congelación del atún y su calidad. Hemos observado diferentes variables que afectan a la calidad de este; como pueden ser: tiempo de maniobra, potencia frigorífica de la instalación del barco, densidad de la salmuera, tiempo de llenado de la cuba, rapidez de congelación.

Como resultado se puede observar que la formación de hielo en las diferentes superficies de intercambio de calor resulta perjudicial a la hora tratar el producto, debido al aumento de tiempo en que se tarda en congelar dicho producto. A su vez hace que la conservación de dicho producto este por debajo de la temperatura prefijada por criterios de calidad de este para consumo humano.

Se observa que con densidades por debajo y temperaturas por debajo de las tablas de las disoluciones de Cloruro de Sodio y Cloruro de Cálcico, hay mayor posibilidad de la formación de dicho hielo que afecta negativamente la eficiencia global de la instalación.

Tiempo de congelación media por cada 10 Tn capturadas: 10,5 Horas

Caída de densidad media por cada 10 Tn capturadas: 0,085

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

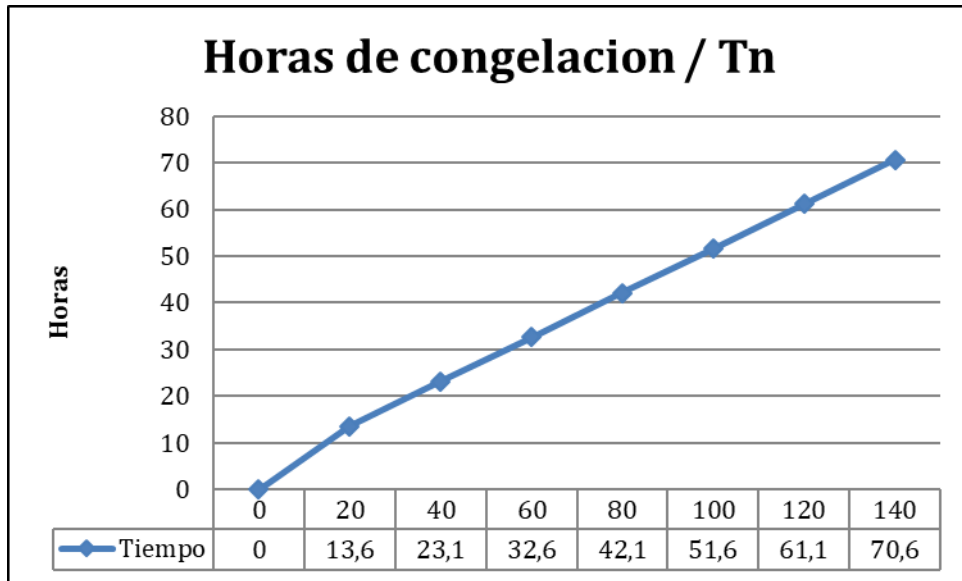


Figura 38. Grafica histórico Temp. Cong. Para 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 Tn.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

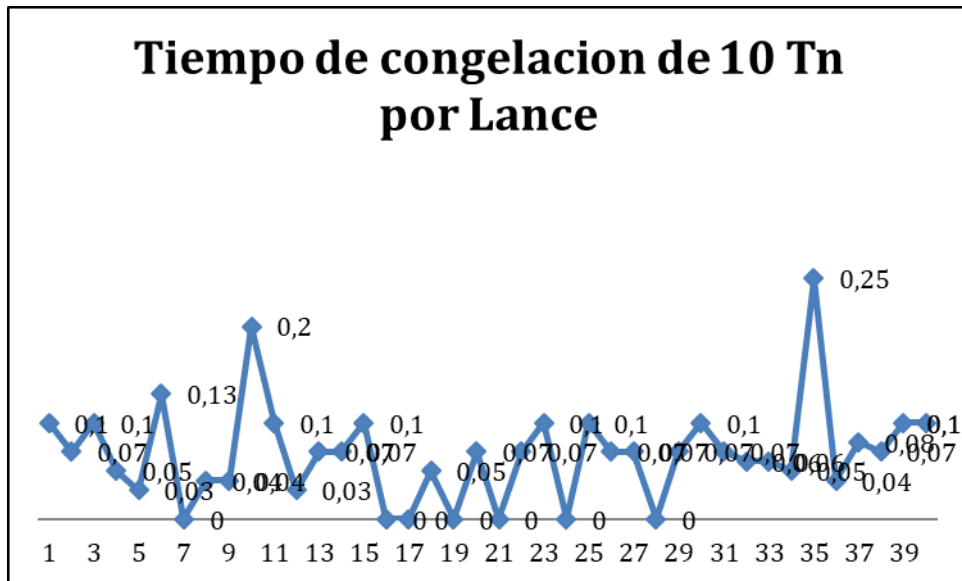


Figura 39. Grafica histórico tiempo Cong. Media 10 Tn por cada lance.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

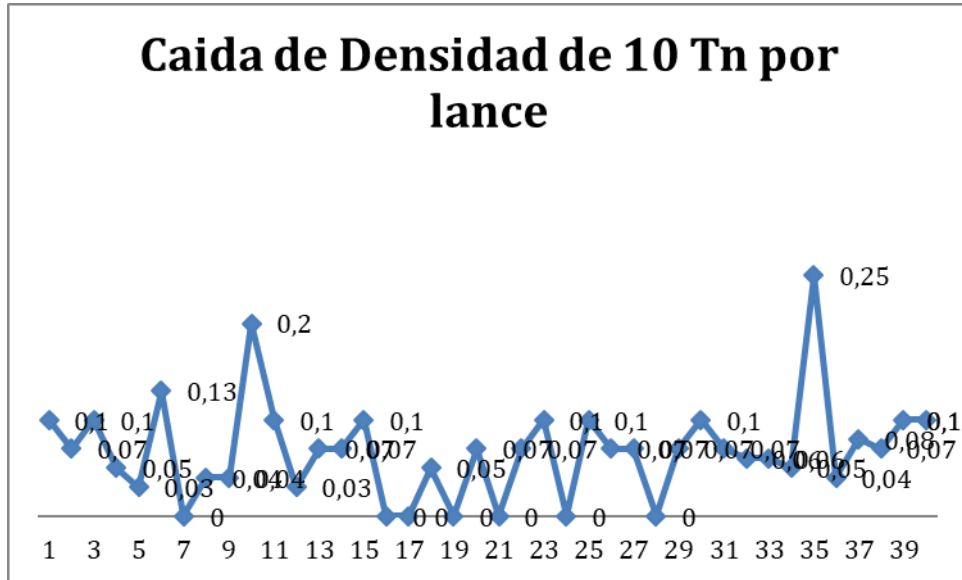


Figura 40. Grafica histórico caída densidad muera media 10 Tn por cada lance.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

10.2 Conclusiones / Soluciones

Observando lo descrito anteriormente, se llega a la conclusión de que para tener muy buena calidad en el producto; es decir: el atún, el proceso de congelación de este ha de ser meticuloso. Hay que controlar que la densidad de la salmuera este entre el 19 – 22,5 % para poder así obtener temperaturas de -16°C y así mantener la salmuera en estado liquido y sin precipitaciones de sal. Hay que mantener la temperatura del fluido a unos -16°C para que así la temperatura del atún a nivel de espina este a -14°C .

Hay que controlar que la densidad de la salmuera este entre el 21 – 22.5 % para poder así obtener temperaturas de -20°C y así mantener la salmuera en estado liquido y sin precipitaciones de sal. Hay que mantener la temperatura del fluido a unos -19°C para que así la temperatura del atún a nivel de espina este a -18°C .

El tiempo de congelación ha de ser lo más rápido posible para evitar que la sal de la salmuera entre dentro del atún. Y, por último, la maniobra de salabardeo ha de ser lo más rápida posible y a su vez lo más suave posible para evitar desperfectos en el atún. Aparte de que esté ha de entrar limpio dentro de las cubas, sin otros organismos, sangre o exceso de agua de mar. Por ello se da dar una especie de ducha con agua de mar a las capturas a medida que avanza por la cinta transportadora y escurrirlas lo máximo posible para no contaminar la muera (perdida de densidad).

Para lograr esto, son muy importantes las densidades correctas en las dos disoluciones presentes en el proceso dependiendo de la temperatura que se desee obtener. Ya que esto nos permitirá hacer que la instalación funcione al 100 % de su capacidad y así obtener unas calidades óptimas de producto capturado.

Soluciones:

- **Toma de densidades después de la recepción del pescado.**
- **Mantener la recirculación en todo momento en las cubas con pescado.**
- **Densidades acordes a las temperaturas de conservación.**
- **No bajar más de -23°C en la disolución de CaCl_2 .**
- **Limpieza del pescado recibido mediante una ducha con agua de mar.**

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

BIBLIOGRAFIA

1. Alexander Molina Salazar y Anderson Fabian Molina Salazar. (2007). *Variación de la salinidad de la pesca de atún en un barco atunero de N.I.R.S.A.* (Tesis de Grado). Universidad Técnica del Norte, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Visto de salmuera - Trabajos finales - 9839 Palabras (buenastareas.com) el 2/07/2023
2. Huss, HH. (1997) *Aseguramiento de la calidad de los productos pesquero*. FAO Documento Técnico de Pesca. No.334. Roma. FAO. 3p. Visto el 2/07/2023
3. *Denominaciones del atún*. <https://www.clubdelamar.org/clase.htm> . Visto el 2/07/2023
4. FAO. 1989. *Manual de Control de Calidad de los Alimentos*. Roma. 9p. Visto el 2/07/2023
5. Paterson, P.H. y Burns, Frank D. 1984 *Absorción de Sal, y Formación de Histamina y Panal en Atún congelado en Salmuera*. United States Tuna Foundation. San Diego. Cali. 35p Visto el 4/07/2023
6. N.I.R.S.A. Dpo. Control de Calidad. (2005) *Manual de Manejo del Proceso de Congelación del Atún*. Visto el 4/07/2023
7. Paterson, P.H. y Burns, Frank D. (1984). *Absorción de Sal, y Formación de Histamina y Panal en Atún congelado en Salmuera*. United States Tuna Foundation. San Diego. Cali. 55-58p. Visto el 4/07/2023
8. Paterson, P.H. y Burns, Frank D. (1984). *Absorción de Sal, y Formación de Histamina y Panal en Atún congelado en Salmuera*. United States Tuna Foundation. San Diego. Cali. 60-63p Visto el 4/07/2023
9. Organización de las Naciones Unidas. (2002). *Sistemas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos*. Roma: ONU. Visto el 10/07/2023
10. INGENIERÍA NAVAL. (diciembre 2009). Construcción Naval, Atunero Congelador: Playa de Azkorri, construido por Astilleros Murueta. *Ingeniería Naval*. Nº 876. pp 36. De <https://sectormarino.es/wp-content/uploads/2016/02/200912.pdf>. Visto el 10/07/2023
11. WIKIMEDIA COMMONS. (13 de febrero de 2010). *File: Ph simple etapa.jpg*. Visto en [commons.wikimedia.org/wiki/File: Ph_simple_etapa.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ph_simple_etapa.jpg).) Visto el 10/07/2023
12. Manuel Rodríguez. (20/03/2017). Aspectos técnicos de las instalaciones de refrigeración con amoníaco. *Revista digital INESEM*. <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/funcionamiento-refrigeracion-amoniac/> Visto el 10/07/2023
13. Empresa atunera: Pesquería Vasco Montañesa. Visto el 20/07/2023
14. Buque atunero ALBATUN TRES de la empresa atunera ALBACORA. Visto el 20/07/2023
15. Luís Santos Rodríguez y José Fernando Núñez Basáñez. (1994). *Fundamentos de Pesca*. Madrid. Fondo editorial de ingenieros navales. Visto el 20/07/2023

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

16. P. J. Rapin. (1993). *Instalaciones frigoríficas tomo I*. Barcelona. Boixareu editores. Visto el 26/07/2023
17. P. J. Rapin. (1989). *Instalaciones frigoríficas tomo II*. Barcelona. Boixareu editores. Visto el 26/07/2023
18. Pablo Melgarejo Moreno. (2000). *Cámaras frigoríficas y Túneles de Enfriamiento Rápido*. Madrid. AMV editores. Visto el 26/07/2023
19. Ernesto Rodríguez Rodríguez. (2004). *Los refrigerantes en las instalaciones frigoríficas*. Madrid. Thomson Editores. Visto el 26/07/2023
20. M^a Teresa Sánchez y Pineda de las Infantas. (2000). *Ingeniería de frío: Teórica y Prácticas*. Madrid. AMV editores. Visto el 26/07/2023
21. M. Lamúa y Francisco J. Cuesta. (2000). *El amoníaco como refrigerante, Instituto Internacional del Frío, versión española*. Madrid. AMV editores. Visto el 03/08/2023
22. J. Navarro, R. Cabello y E. Torrela. (2003). *Fluidos refrigerantes: Tablas y diagramas*. Madrid. AMV Editores. Visto el 03/08/2023
23. Apuntes de la asignatura de Instalaciones frigoríficas. Visto el 03/08/2023
24. <http://www.poliuretanos.com/>. Visto el 03/08/2023
25. www.hjbarreras.es. Visto el 13/08/2023
30. PPT - APLICACIÓN DE FUNDENTES LIQUIDOS. SALMUERAS PowerPoint presentación - ID:4837020 (slideserve.com) M^a de los Ángeles Basurto Álvarez. (2023). *JORNADA TECNICA, La Vialidad Invernal y el compromiso con la movilidad, Aplicación de Fundentes Líquidos. Salmueras*. Visto el 13/08/2023
31. *Densidad de la Salmuera*. Visto el 13/08/2023, de <https://seonegativo.com/densidad-salmuera.html>)
32. *Preparación de una Salmuera (III)*. Creada el 19 de mayo de 2012. Vista el 13/08/2023. De https://ingenieraenpetroleo.blogspot.com/2012/05/preparacion-de-una-salmuera-ii_19.html)
33. H. Star Group. *How para medir la concentración de salmuera para el enfriador de salmuera*. Creada el 21 de mayo de 2021. Visto el 25/08/2023
34. WIKIPEDIA. *Descenso crioscópico*. Creada el 25 de noviembre del 2015. Vista el 25/08/2023 en https://es.wikipedia.org/wiki/Descenso_criosc%C3%B3pico
35. Universidad de Granada. *Personal/Restauración/Teoría/Tema10*. De https://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/Tema10_files/image066.gif. Visto el 25/08/2023
36. Anónimo. (14 de abril del 2021). *Conducción de calor*. Vista en: https://es.wikipedia.org/wiki/Conduccion_de_calor. Visto el 25/08/2023
37. productos.pesca.htm (mapa.gob.es). Visto el 25/08/2023

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

38. Ignacio Echevarrieta Sazatornil. *Estudio de una instalación frigorífica de un buque de pesca.* (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Catalunya. Visto el 10/07/2023

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

TABLAS Y FIGURAS

- TABLAS

1. Punto de congelación de la salmuera de Cloruro de sodio. [30]	12
2. Propiedades de diferentes tipos de salmuera. [31]	13-20
3. Tablas de cantidades. [34]	14
4. Temperaturas / Densidades. [33]	20
5. Excel programado cálculos.	68-71

- FIGURAS

1. Diagrama de bloques.	5
2. Diagrama de estado del Cloruro de sodio. [30]	12
3. Diagrama de una disolución acuosa. [34]	17
4. Solubilidad de algunas sales en agua. [35]	21
5. Cubas barco atunero. [1]	24
6. Vistas transversal de una cuba de congelación / almacenamiento. [1]	25
7. Diagrama P/h. [11]	25
8. Esquema instalación refrigeración de amoníaco inundado. [12]	26
9. Local de la instalación frigorífica. [13]	26
10. Sacos de Cloruro cálcico. [13]	27
11. Separador de partículas / Intercambiador Amoníaco Cloruro cálcico inundado. [13]	27
12. Instalación en funcionamiento / Hielo formado. [13]	28
13. Deposito de compensación de Cloruro cálcico. [13]	28
14. Imagen general del compresor. [13]	30
15. Manómetros de alta/baja, presión de aceite antes/después filtro, parada de emergencia y presostato de alta de seguridad. [13]	31
16. Electroválvulas para el aceite que controla la capacidad volumétrica del compresor. [13]	31
17. Actuador e indicador de la capacidad volumétrica del compresor. [13]	32
18. Pre-filtro y bomba de lubricación del compresor. [13]	32
19. Visor, filtro y separador de aceite de lubricación. [13]	33
20. Placa de características del compresor. [13]	33
21. Motor eléctrico gobernado por un variador de frecuencia (RPM). [13]	34
22. Condensador. Entrada/Salida agua salada. [13]	34

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

23. Bombas de agua salada para los condensadores de los compresores. [13]	35
24. Bomba de Cloruro cálcico y manómetros antes/después filtro. [13]	36
25. Electroválvulas neumáticas de comunicación unidad enfriadora y líneas. [13]	36
26. Líneas de distribución del Cloruro cálcico. [13]	37
27. Armario de enfriamiento rápido / Intercambiador de Cloruro cálcico y salmuera. [13]	37
28. SCADA para el control de las unidades enfriadoras y temperaturas de las cubas. [13]	38
29. SCADA para el control de las maniobras de salmuera, válvulas y bombas. [13]	38
30. SCADA para el control de las maniobras de Cloruro cálcico, válvulas. [13]	39
31. SCADA de visualización general del sistema. [13]	39
32. Electroválvula neumática con señalización abierta/cerrada del sistema. [13]	40
33. Autómata de control del sistema. [13]	40
34. Transductor de presión / nivel de la cuba. [13]	41
35. Transductor de temperatura (PT100) de la cuba. [13]	41
36. Bombas y tuberías de trasiego de salmuera y agua de mar. [13]	42
37. Conducción de calor. [36]	52
38. Esquema de transmisión de calor por conducción. [36]	53
39. Grafico histórico Temp. Cong. para 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 Tn	73
40. Grafico histórico Tiempo Cong. media 10 Tn por cada lance.	73
41. Grafico histórico Caída densidad muera media 10 Tn por cada lance.	74

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

ANEXO I

Normativa aplicable y vigente

1. *Normas comunes de comercialización para las conservas de atún y bonito.*

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992R1536&rid=1>

2. *Organización común de mercados en el sector de los productos de la pesca y de la acuicultura.*

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:354:0001:0021:ES:PDF>

3. *Código alimentario español.*

<http://www.boe.es/boe/dias/1967/10/18/pdfs/A14230-14238.pdf>

4. *Reglamentación técnico-sanitaria de los establecimientos y productos de la pesca y acuicultura.*

<http://www.boe.es/boe/dias/1967/10/18/pdfs/A14230-14238.pdf>

5. *Normas sanitarias aplicables a la producción y comercialización de los productos pesqueros y de la acuicultura.*

<http://www.boe.es/boe/dias/1993/01/13/pdfs/A00808-00820.pdf>

6. *Comisión de Denominaciones Comerciales de Especies Pesqueras en España.*

<http://www.boe.es/boe/dias/2004/03/11/pdfs/A11053-11054.pdf>

7. *Listado de denominaciones comerciales de especies pesqueras y de acuicultura admitidas en España.*

<http://www.boe.es/boe/dias/2017/03/16/pdfs/BOE-A-2017-2907.pdf>

8. *Reglamento de seguridad para Refrigeración con Amoníaco. RD138/2011*

BOE-A-2011-4292 Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.

9. *Legislación en materia de higiene de productos pesqueros.*

Actualización de la guía de interpretación legislativa en materia de higiene de productos pesqueros
Guías (mapa.gob.es)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

10. *Normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal.*

BOE.es - DOUE-L-2010-81110 Reglamento (UE) nº 558/2010 de la Comisión, de 24 de junio de 2010, que modifica el anexo III del Reglamento (CE) nº 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal.

11. *Reglamentación Técnico-Sanitaria para la obtención, circulación y venta de la sal y salmueras comestibles.*

BOE-A-1983-15544 Real Decreto 1424/1983, de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la obtención, circulación y venta de la sal y salmueras comestibles.

12. *Procedimientos de conformidad para la pintura alimentaria.*

BOE.es - DOUE-L-2004-81035 Reglamento (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios.

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

ANEXO II

Planos, esquemas y datos termodinámicos.

Índice.

1. Características principales y capacidad de carga del Albatun Dos	83
2. Características principales y capacidad de carga del Playa de Ris	83
3. Planos del buque Albatun Dos	84
4. Planos del buque Playa de Ris	85
5. Diagrama del Cloruro Sódico	86
6. Soluciones de Sal Común (Cloruro Sódico)	87
7. Diagrama de Mollier para el amoniaco en ciclo estándar	88
8. Diagrama psicrométrico del aire a alta temperatura	89
9. Tablas y diagramas del amoniaco	91
10. Plano de tanques Playa de Ris	97
11. Esquema líneas de Salmuera y Cloruro	98

1. Características principales y capacidades de carga del Albatun Dos

Eslora Total: 115,00 m
Eslora entre perpendiculares: 100,60 m
Manga de Trazado: 16,60 m
Puntal a la Cubierta Principal: 7,50 m
Puntal a la Cubierta Superior: 10,30 m
Calado Medio de Trazado: 6,80 m
Peso Muerto: 3630 Toneladas
Arqueo: 4.406 G. T.
Velocidad en Pruebas: 18 nudos aprox.
Tripulación: 31 personas.
Capacidad de Tanques Congeladores: 3.250 m³.
Capacidad de Congelación Diaria: 140 Toneladas.

2. Características principales y capacidades de carga del Playa de Ris

Eslora Total: 87,36 m
Eslora entre perpendiculares: 74,4 m
Manga de trazado: 14,2 m
Puntal a cubierta superior: 9,25 m
Puntal a cubierta principal: 6,55 m
Calado de trazado: 6,3 m
Arqueo: 2591 G.T.
Velocidad en Pruebas: 21 nudos aprox.

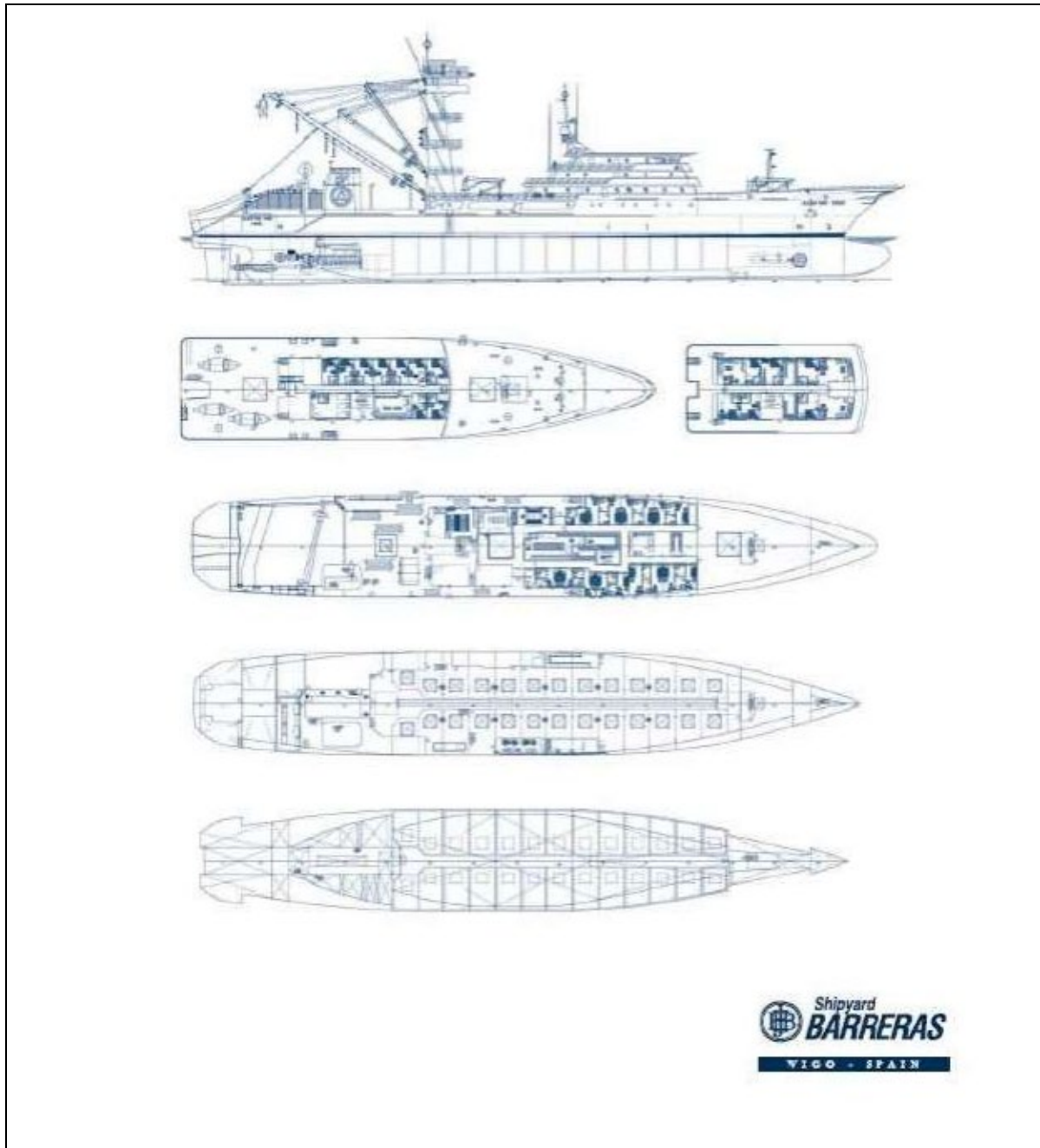
SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Tripulación: 34 personas

Capacidad de Tanques Congeladores: 1100 Tn de pescado aprox.

Capacidad de Congelación Diaria: 330 Tn aprox.

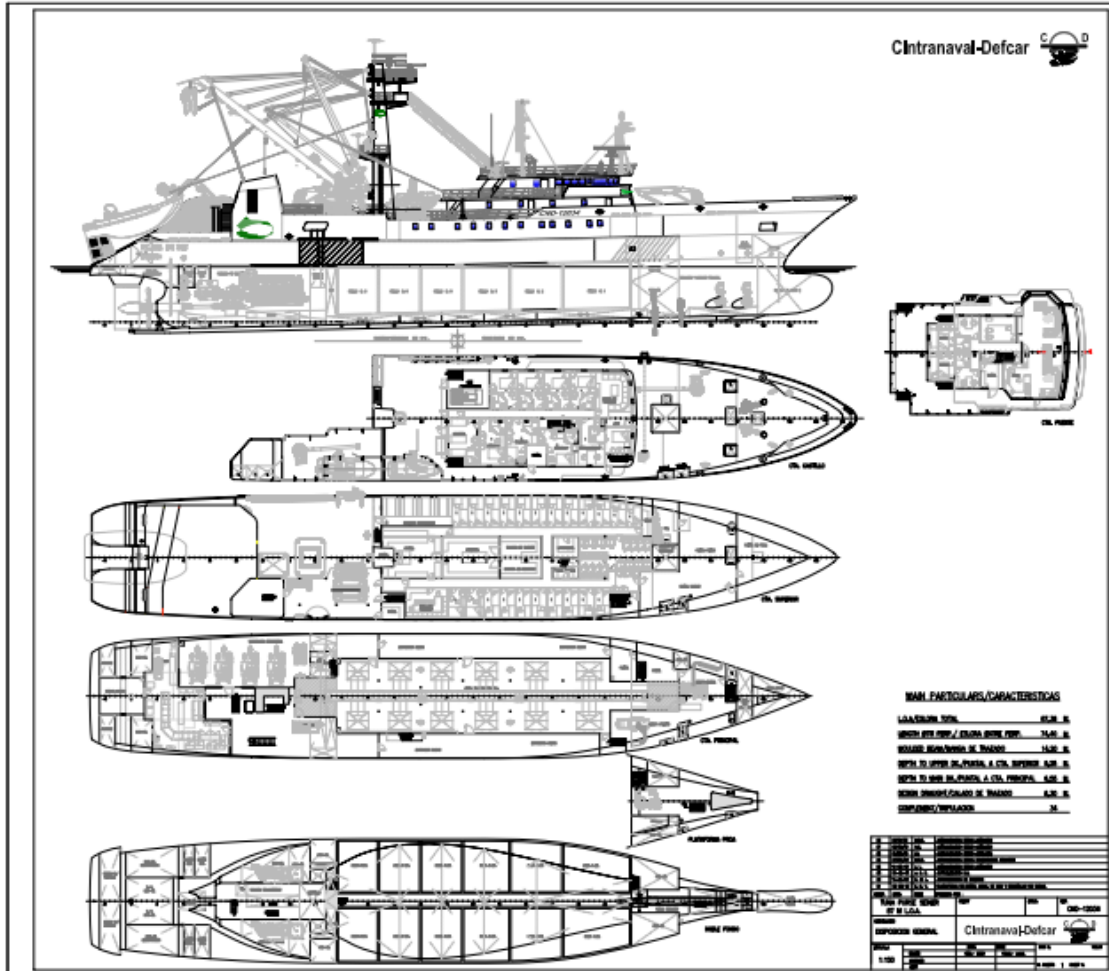
3. Planos del buque BP ALBATUM DOS



(Fuente: Empresa Albacora S.A.) [14]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

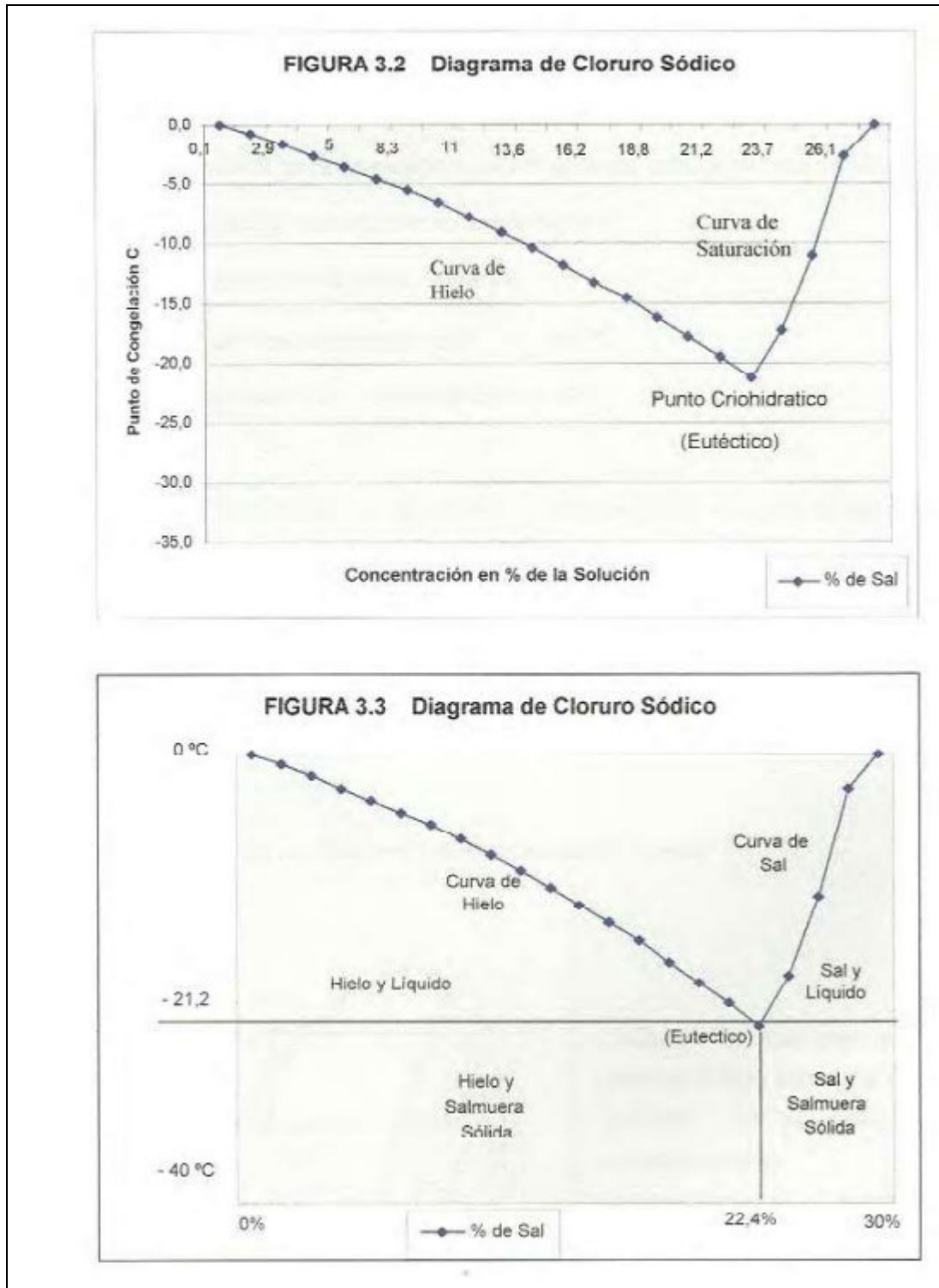
4. Planos del buque BP PLAYA DE RIS



(Fuente: Armadora: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

3. Diagrama de Cloruro Sódico.



(Fuente: Instalaciones frigoríficas para Buques pesqueros) [16]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

6. Soluciones de Sal Común (Cloruro Sódico)

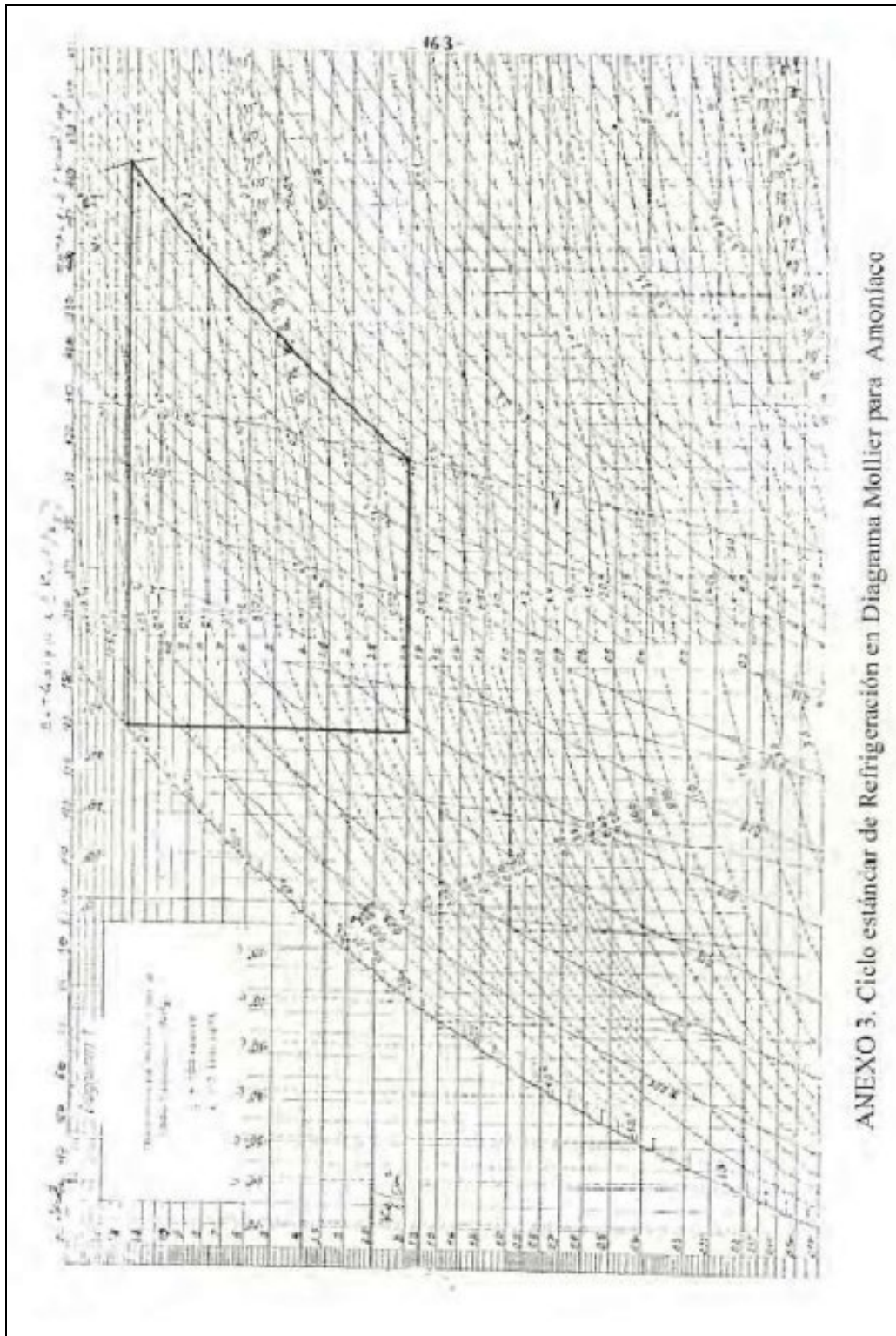
SOLUCIONES DE SAL COMÚN (CLORURO SÓDICO NaCl) ²											
Peso Específico a 15 °C			% de Sal	Kg. Sal en 100 l de H ₂ O	Punto de Congelación °C	Calor Específico de la Solución a °C					
T °C	Kg./litro	Be ³				-20	-10	0	10	20	30
0'0	1'00	0'6	0,1	0,1	0,0			1,001	0,999	0,997	0,996
2'0	1'01	1'6	1,5	1,5	-0,8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

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

(Fuente: Instalaciones frigoríficas para Buques pesqueros) [16]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

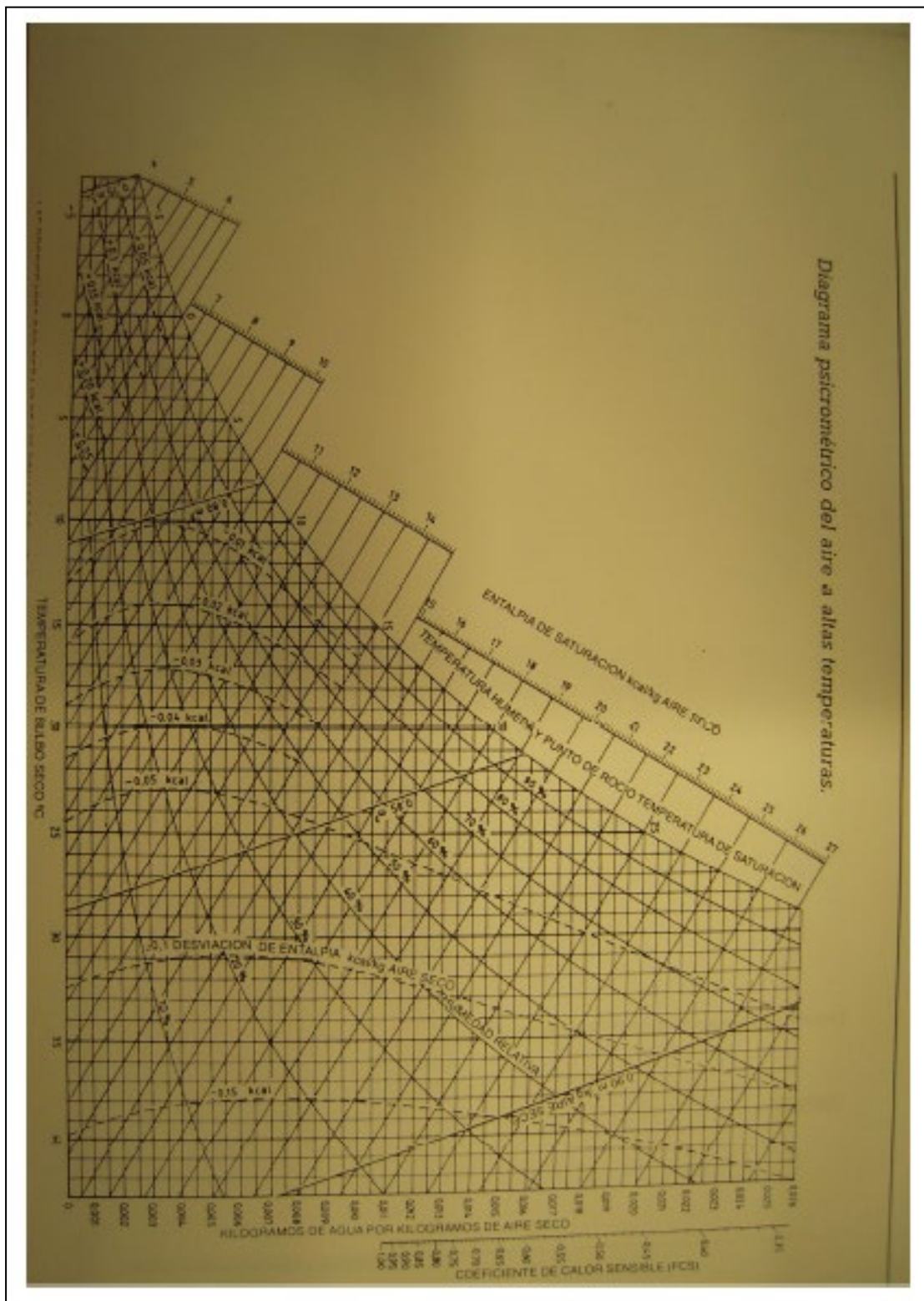
7. Diagrama de Mollier para el Amoniaco en ciclo estándar.



(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

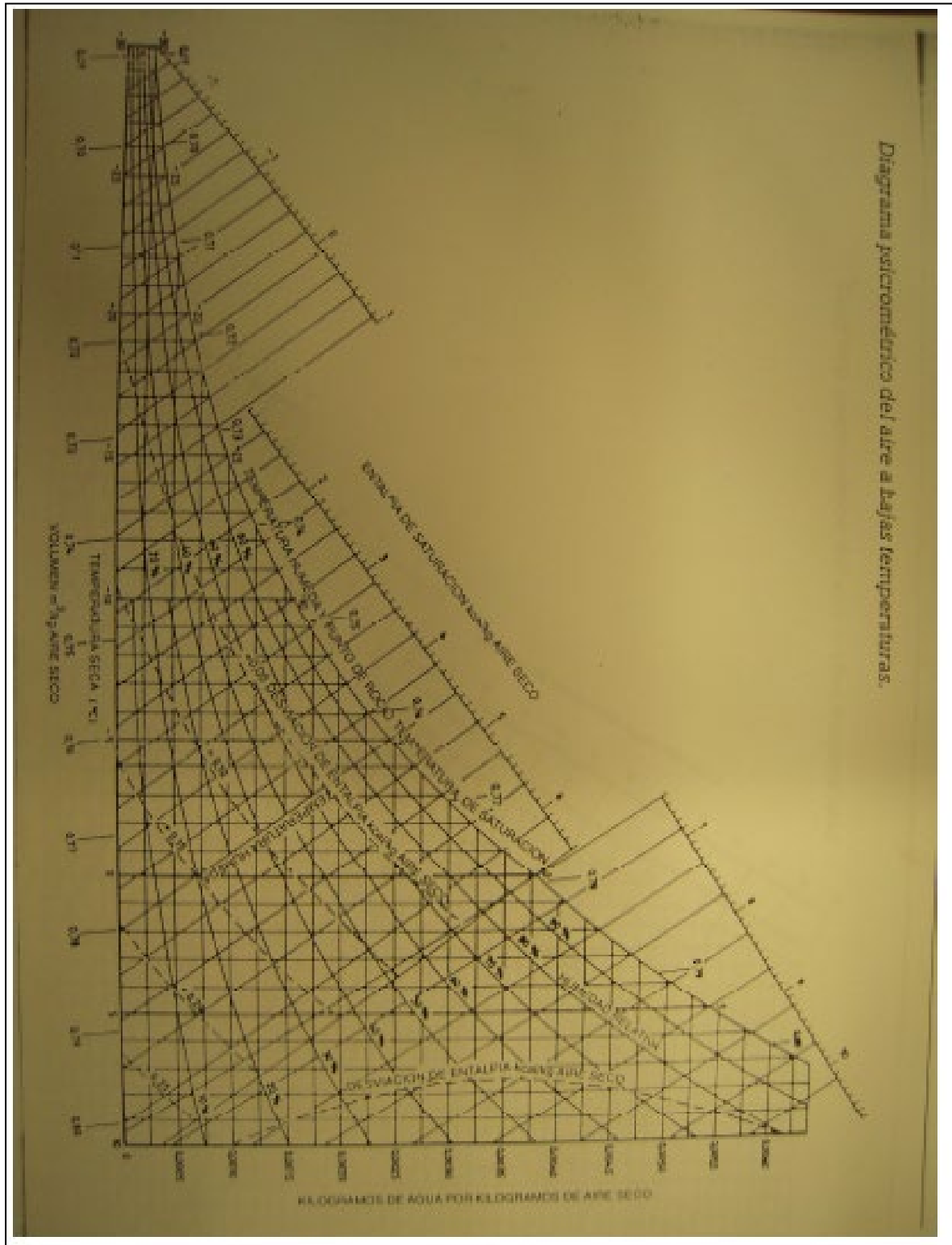
8. Diagrama psicrométrico del aire a altas temperaturas



(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

9. Diagrama psicrométrico del aire a bajas temperaturas



SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

10. Tablas y diagramas del amoniaco.

Tablas y diagramas	R717	Fluidos Refrigerantes										
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 80%; margin: auto;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">R-717</p> </div>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">PM (g/mol)</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">17,03</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Temperatura normal de ebullición (°C)</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">-33,33</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Temperatura crítica (°C)</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">132,75</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Presión crítica (bar)</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">113,3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Densidad crítica (kg/m³)</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">225,0</td> </tr> </table>	PM (g/mol)	17,03	Temperatura normal de ebullición (°C)	-33,33	Temperatura crítica (°C)	132,75	Presión crítica (bar)	113,3	Densidad crítica (kg/m ³)	225,0	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 80%; margin: auto;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Origen (origen IIR)</p> <p style="text-align: center; margin: 10px 0 0 0;">$s = 1 \text{ kJ/kgK}$, $h = 200 \text{ kJ/kg}$ para fluido saturado a $T = 0^\circ\text{C}$,</p> </div>
PM (g/mol)	17,03											
Temperatura normal de ebullición (°C)	-33,33											
Temperatura crítica (°C)	132,75											
Presión crítica (bar)	113,3											
Densidad crítica (kg/m ³)	225,0											

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

Tablas y diagramas

27/17

Fluidos Refrigerantes

T (°C)	P (bar)		ρ (kg/m³)		h (kJ/kg)		s (kJ/kg)		Cr (kJ/kg)		Cp (kJ/kg)		v (m/s)		Viscosidad (μPa·s)		Conductividad (W/m·K)		Transmisión sup. (W/m²)
	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	
-40	0,7169	690,2	0,6438	19,17	1408	0,2867	6,243	2,565	1,672	4,414	2,244	1816	332,2	7,859	0,6881	0,02064	0,44736		
-38	0,7561	688,9	0,6767	23,59	1409	0,3056	6,274	2,505	1,677	4,419	2,252	1839	332,8	7,888	0,6897	0,02069	0,44688		
-36	0,7971	687,7	0,7108	28,01	1411	0,3245	6,306	2,563	1,682	4,424	2,259	1862	333,4	7,917	0,6914	0,02073	0,44651		
-34	0,8399	686,5	0,7464	32,44	1413	0,3432	6,338	2,561	1,686	4,429	2,267	1795	334	7,946	0,678	0,02078	0,44613		
-32	0,8846	685,3	0,7834	36,88	1414	0,3619	6,369	2,559	1,691	4,434	2,275	1797	334,6	7,975	0,6746	0,02083	0,44575		
-30	0,931	684	0,8218	41,32	1416	0,3806	6,402	2,558	1,696	4,439	2,283	1780	335,2	8,004	0,6713	0,02088	0,44538		
-28	0,9795	682,8	0,8618	45,77	1417	0,3992	6,434	2,556	1,701	4,444	2,291	1773	335,8	8,034	0,6679	0,02093	0,445		
-26	1,03	681,6	0,9033	50,22	1419	0,4177	6,466	2,554	1,706	4,45	2,3	1766	336,4	8,063	0,6646	0,02099	0,44463		
-24	1,083	680,3	0,9463	54,67	1420	0,4362	6,499	2,553	1,711	4,455	2,308	1759	337	8,093	0,6613	0,02104	0,44426		
-22	1,137	679,1	0,991	59,14	1422	0,4547	6,532	2,551	1,717	4,46	2,317	1752	337,5	8,122	0,6579	0,02109	0,44389		
-20	1,194	677,8	1,037	63,6	1423	0,473	6,565	2,549	1,722	4,465	2,326	1744	338,1	8,152	0,6546	0,02115	0,44352		
-18	1,254	676,6	1,085	68,07	1425	0,4913	6,598	2,548	1,727	4,469	2,335	1737	338,6	8,181	0,6513	0,02121	0,44315		
-16	1,315	675,3	1,135	72,55	1426	0,5096	6,632	2,546	1,733	4,474	2,344	1730	339,2	8,211	0,648	0,02126	0,44278		
-14	1,379	674,1	1,187	77,03	1428	0,5278	6,665	2,544	1,738	4,479	2,354	1723	339,7	8,241	0,6447	0,02132	0,44242		
-12	1,446	672,8	1,24	81,52	1429	0,546	6,699	2,542	1,744	4,484	2,363	1716	340,2	8,27	0,6415	0,02138	0,44205		
-10	1,515	671,5	1,296	86,01	1431	0,5641	6,733	2,541	1,75	4,489	2,373	1709	340,7	8,3	0,6382	0,02144	0,44169		
-8	1,586	670,3	1,353	90,51	1432	0,5821	6,767	2,539	1,755	4,494	2,383	1702	341,2	8,33	0,6349	0,02151	0,44132		
-6	1,661	669	1,413	95,01	1434	0,6001	6,801	2,537	1,761	4,499	2,393	1695	341,7	8,36	0,6317	0,02157	0,44096		
-4	1,738	667,7	1,474	99,52	1435	0,618	6,835	2,536	1,767	4,504	2,403	1687	342,2	8,39	0,6284	0,02163	0,4406		
-2	1,818	666,4	1,538	104	1436	0,6359	6,869	2,534	1,773	4,509	2,414	1680	342,7	8,42	0,6252	0,0217	0,44024		
0	1,901	665,1	1,603	108,6	1438	0,6538	6,904	2,533	1,779	4,514	2,425	1673	343,2	8,449	0,622	0,02177	0,43988		
2	1,987	663,8	1,671	113,1	1439	0,6715	6,939	2,531	1,785	4,519	2,435	1666	343,6	8,479	0,6187	0,02184	0,43952		
4	2,076	662,6	1,741	117,6	1440	0,6893	6,974	2,529	1,792	4,524	2,446	1659	344,1	8,51	0,6155	0,02191	0,43916		
6	2,168	661,3	1,814	122,1	1442	0,7069	7,009	2,528	1,798	4,529	2,457	1652	344,6	8,54	0,6123	0,02198	0,43881		
8	2,263	660	1,889	126,7	1443	0,7246	7,044	2,526	1,804	4,534	2,469	1645	345	8,57	0,6091	0,02205	0,43845		
10	2,362	658,6	1,966	131,2	1444	0,7421	7,079	2,524	1,811	4,538	2,481	1638	345,4	8,6	0,6059	0,02212	0,4381		

(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

Tablas y diagramas

83/7

Fluidos Refrigerantes

T (°C)	P (bar)		ρ (kg/m ³)		h_f (kJ/kg)		h_g (kJ/kg)		s_f (kJ/kg)		s_g (kJ/kg)		c_p (kJ/kg)		V (m ³ /s)		Viscosidad (μ Pa·s)		Conductividad (W/m·K)		Temperatura sup. (°C/m)
	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	
-14	2,464	657,3	2,046	115,8	1446	0,7597	5,814	2,873	1,818	2,493	1628	395,8	199,1	8,63	0,6038	0,02119	0,01774				
-13	2,569	656	2,128	140,3	1417	0,7771	5,8	2,821	1,824	2,505	162	396,3	197	8,66	0,5996	0,02127	0,01758				
-12	2,678	654,7	2,213	144,9	1416	0,7946	5,785	2,819	1,831	2,517	1616	396,7	194,7	8,691	0,5964	0,02135	0,01744				
-11	2,751	653,4	2,2	149,4	1419	0,8119	5,771	2,818	1,838	2,529	1609	397,1	192,4	8,721	0,5933	0,02142	0,01669				
-10	2,867	652,1	2,291	154	1451	0,8292	5,757	2,816	1,845	2,542	1602	397,5	190,2	8,751	0,5901	0,0215	0,01634				
-9	3,017	650,7	2,484	163,6	1452	0,8466	5,743	2,815	1,852	2,555	1596	397,8	188	8,781	0,587	0,02158	0,01599				
-8	3,171	649,4	2,59	163,2	1453	0,8638	5,729	2,813	1,859	2,568	1588	398,2	185,9	8,812	0,5839	0,02167	0,01565				
-7	3,279	648,1	2,678	162,7	1454	0,881	5,715	2,811	1,866	2,581	1581	398,6	183,8	8,842	0,5808	0,02175	0,01531				
-6	3,411	646,7	2,79	172,3	1456	0,8984	5,701	2,81	1,873	2,594	1574	399,1	181,7	8,873	0,5777	0,02183	0,01496				
-5	3,548	645,4	2,865	176,9	1457	0,9152	5,688	2,808	1,88	2,608	1568	399,7	179,7	8,903	0,5746	0,02192	0,01461				
-4	3,648	644	2,993	181,5	1458	0,9323	5,674	2,807	1,888	2,622	1562	399,6	177,7	8,934	0,5715	0,021	0,01427				
-3	3,823	642,7	3,104	186,1	1459	0,9493	5,661	2,805	1,895	2,636	1557	399,9	175,8	8,964	0,5684	0,02109	0,01393				
-2	3,952	641,3	3,218	190,8	1460	0,9662	5,647	2,803	1,902	2,651	1546	400,7	173,8	8,995	0,5653	0,02118	0,01359				
-1	4,136	639,9	3,336	195,4	1461	0,9831	5,634	2,802	1,91	2,665	1538	401,5	172	9,025	0,5623	0,02127	0,01325				
0	4,294	638,6	3,457	200	1462	1	5,621	2,8	1,918	2,68	1531	402,8	170,1	9,056	0,5592	0,02137	0,01291				
1	4,457	637,2	3,581	204,6	1463	1,017	5,608	2,798	1,925	2,695	1525	401,1	168,3	9,086	0,5562	0,02146	0,01257				
2	4,625	635,8	3,709	209,3	1464	1,034	5,595	2,797	1,933	2,71	1516	401,4	166,5	9,117	0,5531	0,02155	0,01224				
3	4,797	634,4	3,84	213,9	1465	1,05	5,582	2,796	1,941	2,726	1509	401,7	164,7	9,148	0,5501	0,02165	0,0119				
4	4,955	633,1	3,976	218,6	1466	1,067	5,569	2,794	1,949	2,742	1502	401,9	162,9	9,179	0,5471	0,02175	0,01157				
5	5,117	631,7	4,115	223,2	1467	1,084	5,557	2,793	1,957	2,758	1494	402,2	161,2	9,209	0,5441	0,02185	0,01124				
6	5,285	630,3	4,257	227,9	1468	1,1	5,544	2,791	1,965	2,774	1487	402,4	159,5	9,24	0,5411	0,02195	0,01091				
7	5,438	628,9	4,404	232,5	1469	1,117	5,532	2,79	1,973	2,79	1480	402,6	157,8	9,271	0,5381	0,02205	0,01057				
8	5,717	627,5	4,555	237,2	1470	1,133	5,519	2,788	1,981	2,807	1473	402,8	156,2	9,302	0,5351	0,02215	0,01024				
9	5,981	626,1	4,709	241,9	1471	1,15	5,507	2,787	1,99	2,824	1465	403	154,6	9,333	0,5321	0,02226	0,00992				
10	6,2	624,6	4,868	246,6	1472	1,166	5,495	2,785	1,998	2,841	1458	403,2	153	9,364	0,5291	0,02237	0,00959				
11	6,386	623,2	5,031	251,3	1473	1,183	5,482	2,784	2,006	2,859	1451	403,4	151,5	9,395	0,5262	0,02247	0,00926				
12	6,587	621,8	5,198	256	1474	1,199	5,47	2,782	2,015	2,877	1443	403,6	149,9	9,426	0,5232	0,02258	0,00894				

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Tablas y Diagramas

R717

Fluidos Refrigerantes

T (°C)	P (bar)	ρ (kg/m³)		h _l (kJ/kg)		s _l (kJ/kg)		C _v (kJ/kg)		C _p (kJ/kg)		V (m³/s)		Viscosidad (μPa·s)		Conductividad (W/m·K)		Transmisión exp. (W/m)
		L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	
13	6,814	630,4	5,17	260,7	1475	1,216	5,458	2,381	2,023	4,695	2,895	1436	403,8	148,4	9,457	0,5203	0,02409	0,00861
14	7,046	618,9	5,546	265,4	1476	1,232	5,446	2,379	2,032	4,702	2,913	1429	403,9	146,9	9,480	0,5173	0,02481	0,00859
15	7,285	617,5	5,727	270,1	1476	1,248	5,434	2,376	2,041	4,709	2,932	1421	404,1	145,4	9,519	0,5144	0,02549	0,00857
16	7,53	616	5,912	274,8	1477	1,264	5,423	2,377	2,049	4,716	2,951	1414	404,2	144	9,551	0,5115	0,02614	0,00855
17	7,782	614,6	6,102	279,5	1478	1,28	5,411	2,375	2,058	4,723	2,97	1407	404,3	142,5	9,582	0,5086	0,02681	0,00853
18	8,04	613,1	6,288	284,3	1479	1,297	5,399	2,374	2,067	4,73	2,99	1399	404,4	141,1	9,613	0,5057	0,02758	0,00851
19	8,304	611,7	6,487	289	1479	1,313	5,387	2,372	2,076	4,737	3,009	1392	404,5	139,7	9,645	0,5028	0,0284	0,00849
20	8,575	610,2	6,703	293,8	1480	1,329	5,376	2,371	2,085	4,745	3,03	1384	404,6	138,3	9,676	0,4999	0,0292	0,00848
21	8,852	608,7	6,913	298,5	1481	1,345	5,364	2,37	2,094	4,752	3,05	1377	404,7	137	9,708	0,497	0,03006	0,00846
22	9,137	607,2	7,120	303,3	1482	1,361	5,351	2,368	2,103	4,76	3,071	1370	404,8	135,6	9,739	0,4941	0,03097	0,00845
23	9,430	605,8	7,349	308,1	1482	1,377	5,341	2,367	2,112	4,768	3,092	1362	404,8	134,3	9,771	0,4912	0,0319	0,00843
24	9,727	604,3	7,575	312,9	1483	1,393	5,33	2,366	2,121	4,776	3,113	1355	404,9	133	9,803	0,4884	0,03283	0,00842
25	10,03	602,8	7,807	317,7	1483	1,409	5,319	2,365	2,131	4,784	3,135	1347	404,9	131,7	9,835	0,4855	0,03381	0,00841
26	10,35	601,3	8,044	322,5	1484	1,425	5,308	2,363	2,14	4,793	3,158	1340	404,9	130,4	9,867	0,4827	0,03485	0,0084
27	10,67	599,7	8,288	327,3	1485	1,441	5,296	2,362	2,15	4,801	3,18	1332	405	129,1	9,899	0,4799	0,03593	0,00839
28	10,99	598,2	8,537	332,1	1485	1,456	5,285	2,361	2,159	4,81	3,201	1324	405	127,9	9,931	0,477	0,03707	0,00838
29	11,33	596,7	8,792	336,9	1486	1,472	5,274	2,36	2,169	4,819	3,226	1317	404,9	126,7	9,963	0,4742	0,03821	0,00837
30	11,67	595,2	9,053	341,8	1486	1,488	5,263	2,359	2,178	4,828	3,25	1309	404,9	125,5	9,995	0,4714	0,0394	0,00836
31	12,02	593,6	9,321	346,6	1487	1,504	5,252	2,358	2,188	4,838	3,274	1302	404,9	124,3	10,03	0,4686	0,04069	0,00835
32	12,38	592,1	9,595	351,5	1487	1,52	5,241	2,356	2,198	4,847	3,299	1294	404,8	123,1	10,06	0,4658	0,04204	0,00834
33	12,75	590,5	9,875	356,3	1488	1,535	5,23	2,355	2,207	4,857	3,323	1286	404,8	121,9	10,09	0,463	0,0434	0,00833
34	13,12	589	10,16	361,2	1488	1,551	5,219	2,354	2,217	4,867	3,349	1279	404,7	120,7	10,13	0,4602	0,0448	0,00832
35	13,51	587,4	10,46	366,1	1488	1,567	5,209	2,353	2,227	4,877	3,375	1271	404,6	119,6	10,16	0,4574	0,04629	0,00831
36	13,9	585,8	10,76	371	1489	1,582	5,198	2,352	2,237	4,888	3,401	1263	404,5	118,4	10,19	0,4546	0,04779	0,0083
37	14,3	584,2	11,07	375,9	1489	1,598	5,187	2,351	2,247	4,898	3,427	1255	404,4	117,3	10,22	0,4519	0,04934	0,00829
38	14,71	582,6	11,38	380,8	1489	1,613	5,176	2,35	2,257	4,909	3,453	1248	404,3	116,2	10,26	0,4491	0,05096	0,00828
39	15,13	581	11,7	385,7	1490	1,629	5,166	2,349	2,267	4,92	3,482	1240	404,2	115,1	10,29	0,4463	0,05267	0,00827

(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Tablas y diagramas

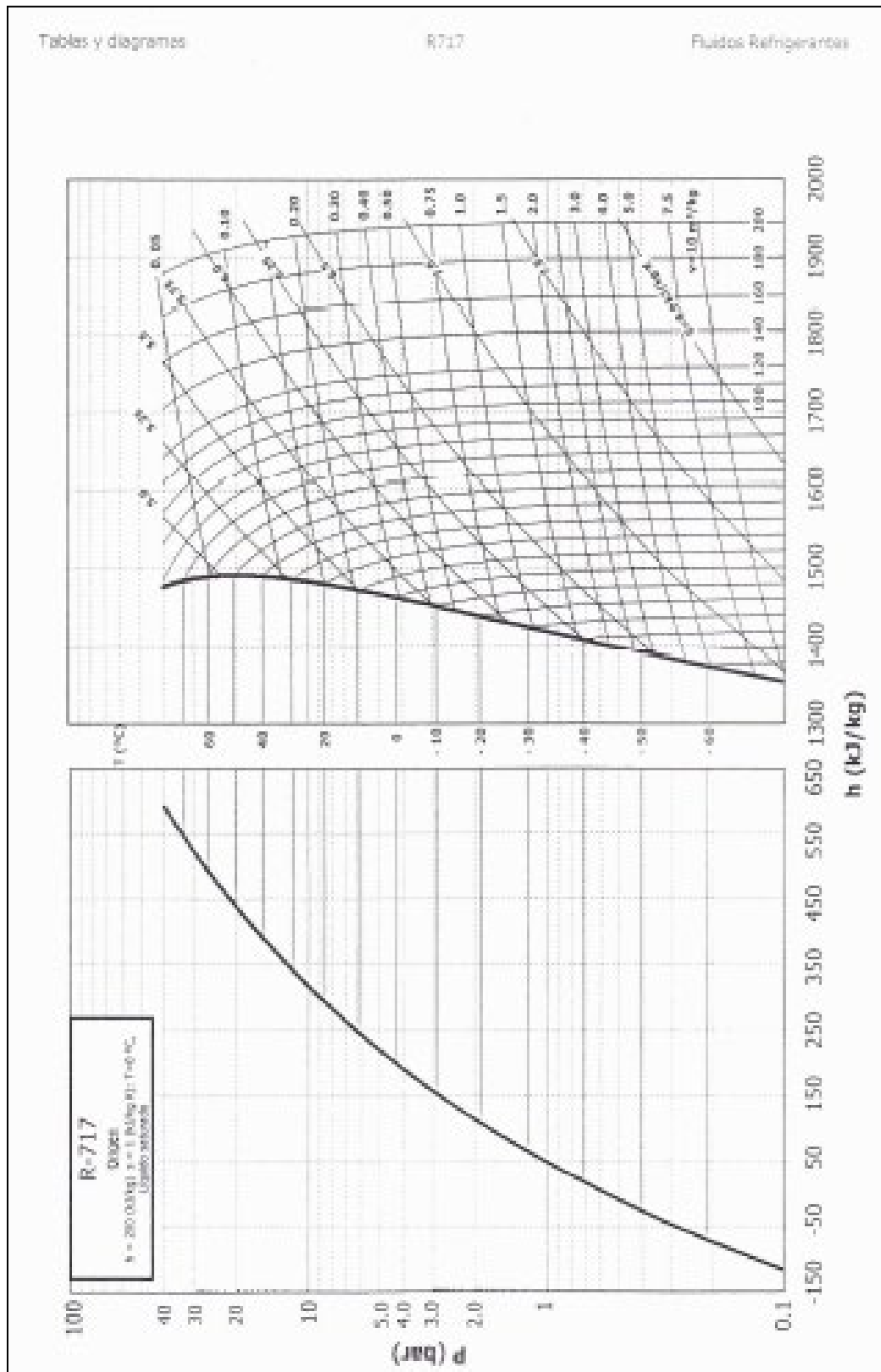
B2.1

Fluido Refrigerante

T (°C)	P (bar)		ρ (kg/m ³)		h (kJ/kg)		s (kJ/kg)		C _v (kJ/kg)		C _p (kJ/kg)		V (m/s)		Viscosidad (μPa·s)		Conductividad (W/m·K)		Tensión sup. (N/m)
	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	L	V	
40	15,55	579,4	12,03	390,6	1,90	5,155	2,778	3,51	5,032	3,01	1,73	404	114	18,33	0,4036	0,02838	0,03026	0,03026	
41	15,94	577,8	12,37	395,6	1,90	5,144	2,798	3,539	5,044	3,039	1,74	403,9	113	18,36	0,4018	0,02855	0,0302	0,0302	
42	16,44	576,2	12,71	400,5	1,90	5,134	2,798	3,568	5,056	3,168	1,76	403,2	111,9	18,39	0,401	0,02872	0,03017	0,03017	
43	16,89	574,6	13,07	405,5	1,91	5,123	2,746	3,598	5,068	3,298	1,83	402,5	110,9	18,43	0,4004	0,02889	0,03012	0,03012	
44	17,35	572,9	13,43	410,5	1,91	5,113	2,745	3,628	5,081	3,428	1,83	402,3	109,9	18,46	0,4007	0,02907	0,03013	0,03013	
45	17,83	571,3	13,8	415,5	1,92	5,102	2,744	3,658	5,094	3,558	1,85	402,1	108,8	18,5	0,4009	0,02924	0,03004	0,03004	
46	18,31	569,6	14,18	420,5	1,92	5,092	2,744	3,688	5,107	3,688	1,85	402,9	107,8	18,53	0,4072	0,02942	0,03005	0,03005	
47	18,8	567,9	14,57	425,5	1,93	5,081	2,743	3,718	5,12	3,818	1,87	402,2	106,8	18,57	0,4045	0,02961	0,03007	0,03007	
48	19,3	566,3	14,97	430,5	1,93	5,071	2,742	3,748	5,134	3,948	1,89	402,4	105,8	18,6	0,4038	0,02979	0,03009	0,03009	
49	19,82	564,6	15,37	435,6	1,94	5,06	2,742	3,778	5,148	4,078	1,91	402,2	104,8	18,64	0,4031	0,02998	0,03011	0,03011	
50	20,34	562,9	15,79	440,6	1,94	5,05	2,741	3,808	5,164	4,208	1,93	401,9	103,8	18,67	0,4024	0,03017	0,03014	0,03014	
51	20,87	561,2	16,23	445,7	1,94	5,039	2,741	3,838	5,179	4,338	1,94	401,6	102,8	18,71	0,4017	0,03035	0,03017	0,03017	
52	21,42	559,4	16,64	450,8	1,95	5,029	2,74	3,868	5,194	4,468	1,96	401,3	101,9	18,75	0,401	0,03052	0,03019	0,03019	
53	21,97	557,7	17,09	455,9	1,95	5,018	2,74	3,898	5,21	4,598	1,98	401	100,9	18,78	0,4004	0,0307	0,03021	0,03021	
54	22,54	556	17,54	461	1,96	5,008	2,739	3,928	5,227	4,728	1,99	400,6	99,97	18,82	0,4007	0,03088	0,03023	0,03023	
55	23,11	554,2	18,01	466,1	1,96	4,998	2,739	3,958	5,243	4,858	1,99	400,3	99,03	18,86	0,4003	0,03105	0,03025	0,03025	
56	23,7	552,4	18,48	471,2	1,96	4,987	2,738	3,988	5,259	4,988	1,99	399,9	98,11	18,89	0,4004	0,03122	0,03027	0,03027	
57	24,3	550,7	18,97	476,4	1,96	4,977	2,738	4,018	5,276	5,118	1,99	399,6	97,19	18,93	0,4007	0,03139	0,03029	0,03029	
58	24,9	548,9	19,46	481,6	1,96	4,967	2,738	4,048	5,292	5,248	1,99	399,2	96,28	18,97	0,4011	0,03156	0,03031	0,03031	
59	25,52	547,1	19,97	486,8	1,97	4,956	2,738	4,078	5,308	5,378	1,99	398,8	95,38	19,01	0,4014	0,03173	0,03033	0,03033	
60	26,16	545,2	20,49	492	1,97	4,946	2,738	4,108	5,325	5,508	1,99	398,3	94,48	19,05	0,4018	0,0319	0,03035	0,03035	
61	26,8	543,4	21,03	497,2	1,98	4,935	2,738	4,138	5,342	5,638	1,99	397,9	93,6	19,09	0,4021	0,03207	0,03037	0,03037	
62	27,45	541,6	21,57	502,4	1,98	4,925	2,738	4,168	5,358	5,768	1,99	397,5	92,72	19,13	0,4025	0,03224	0,03039	0,03039	
63	28,12	539,7	22,13	507,7	1,98	4,915	2,738	4,198	5,375	5,898	1,99	397	91,85	19,17	0,4029	0,03241	0,03041	0,03041	
64	28,8	537,8	22,7	513	1,99	4,904	2,738	4,228	5,392	6,028	1,99	396,5	90,98	19,21	0,4032	0,03258	0,03043	0,03043	
65	29,49	536	23,28	518,2	1,99	4,894	2,738	4,258	5,41	6,158	1,99	396	90,12	19,25	0,4036	0,03275	0,03045	0,03045	
66	30,19	534,1	23,88	523,6	1,99	4,883	2,738	4,288	5,428	6,288	1,99	395,5	89,27	19,29	0,404	0,03292	0,03047	0,03047	

(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

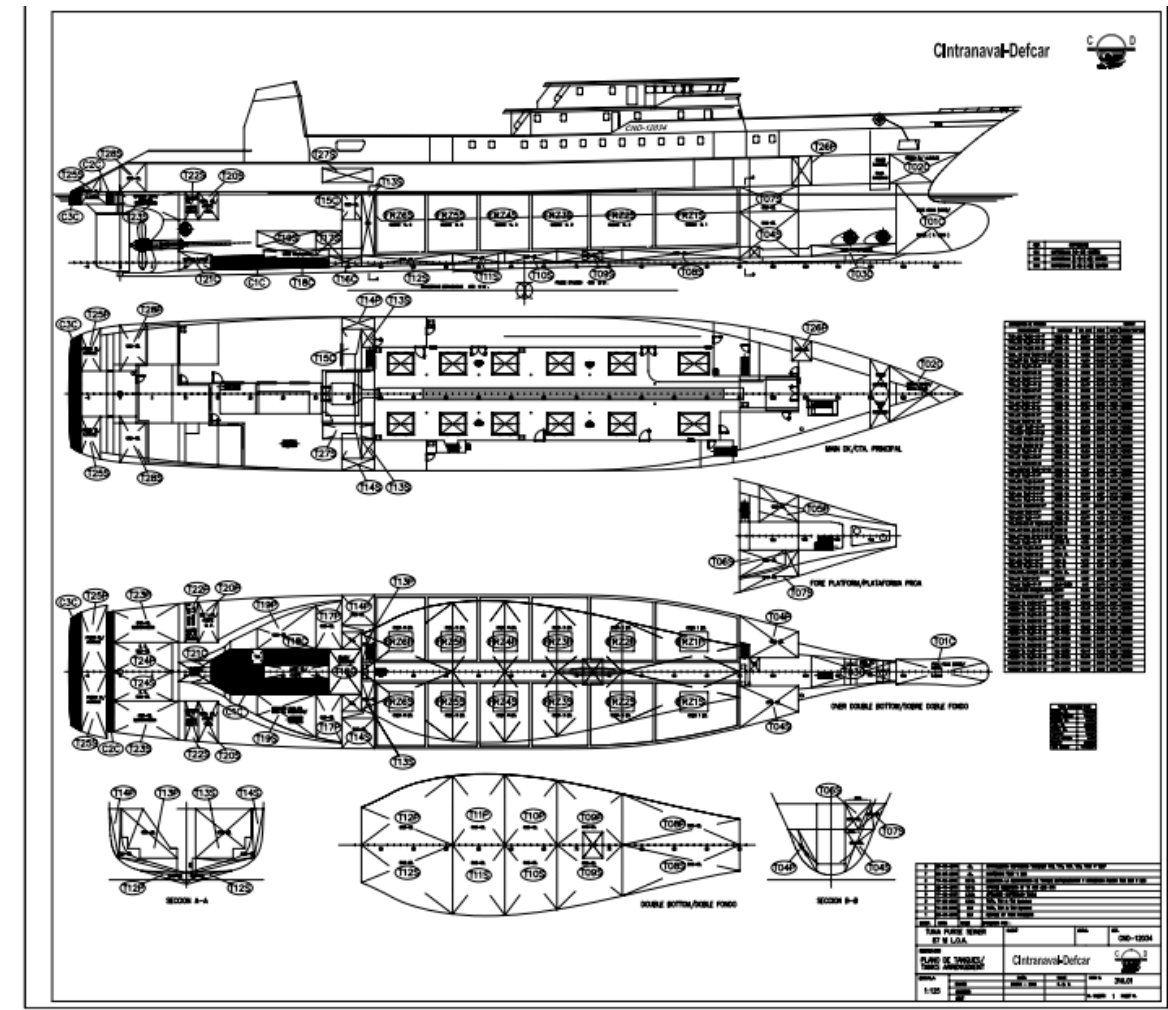
SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO



(Fuente: EHU. Grado en Marina. 3º Curso. Asignatura de Instalaciones Frigoríficas.)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

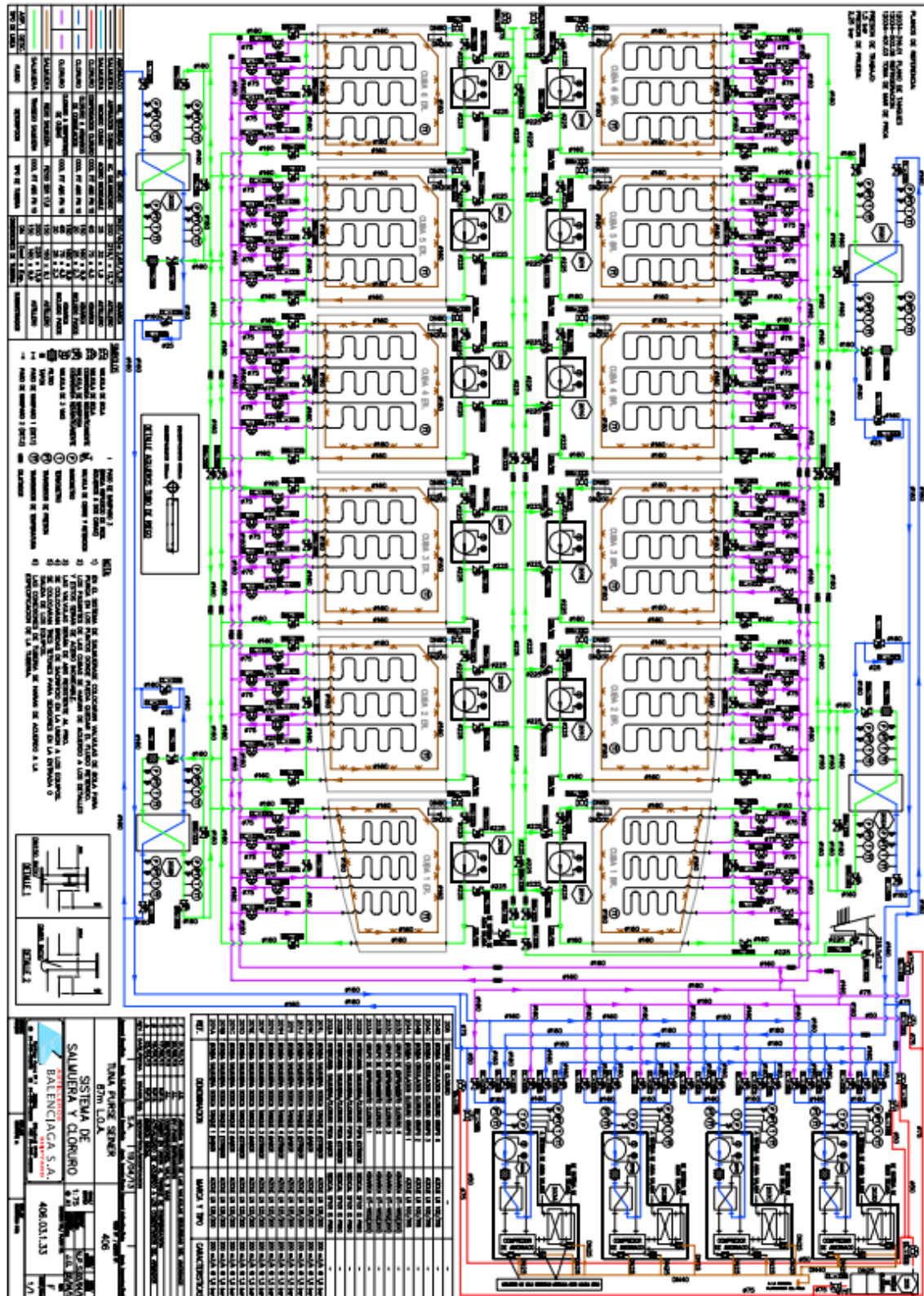
10. Planos de tanques BP PLAYA DE RIS



(Fuente: Armadora: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

11. Esquema líneas de Salmuera y Cloruro



(Fuente: Armadora: Pesquería Vasco Montañesa) [13]

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

ANEXO III

Datos de campo

Índice.

1. Marea 15/10/2023 – 15/11/2023

99

1. Marea 15/10/2023 – 15/11/2023

TOTAL		TONELADAS		TOTAL PIEZAS		0		Notas	FECHA SALIDA	FECHA ENTRADA	Nueva Marea	a Capacidades	BLANCOS
FECHA	SINGL A.	LANCE N°	CUBA N°	PIEZA S	IONS	TIPO	19/10/2023		09/02/2024	Ir a Resumen	Gráficos	2	
20/10/2023	2	1	4 BAVOR	0	20	MIXTO							
23/10/2023	5	2	4 BAVOR		30	MIXTO							
24/10/2023	6	3	4 BAVOR		10	MIXTO							
25/10/2023	7	4	4 BAVOR		20	MIXTO							
25/10/2023	7	4	4 ESTRIBOR		15	MIXTO							
26/10/2023	8	5	4 ESTRIBOR		35	MIXTO							
27/10/2023	9	6	4 ESTRIBOR		15	MIXTO							
27/10/2023	9	6	5 BAVOR		20	MIXTO							
27/10/2023	9	7	5 BAVOR		20	MIXTO							
28/10/2023	10	8	4 ESTRIBOR		10	MIXTO							
28/10/2023	10	8	5 BAVOR		25	MIXTO							
29/10/2023	11	9	5 BAVOR		25	MIXTO							
29/10/2023	11	9	5 ESTRIBOR		30	MIXTO							
29/10/2023	11	10	5 ESTRIBOR		5	MIXTO							
29/10/2023	11	11	5 ESTRIBOR		10	MIXTO							
30/10/2023	12	12	5 ESTRIBOR		30	MIXTO							
30/10/2023	12	13	5 ESTRIBOR		15	MIXTO							
31/10/2023	13	14	6 BAVOR		15	MIXTO							
31/10/2023	13	15	6 BAVOR		10	MIXTO							
31/10/2023	13	16	6 BAVOR		3	MIXTO							
01/11/2023	14	17	6 BAVOR		2	MIXTO							
02/11/2023	15	18	6 BAVOR		40	MIXTO							
02/11/2023	15	19	5 BAVOR		5	MIXTO							
02/11/2023	15	19	6 ESTRIBOR		10	MIXTO							
03/11/2023	16	20	6 BAVOR		10	MIXTO							
03/11/2023	16	20	6 ESTRIBOR		30	MIXTO							
03/11/2023	16	21				BLANCO							
03/11/2023	16	22	6 ESTRIBOR		30	MIXTO							
03/11/2023	16	23	6 ESTRIBOR		10	MIXTO							
06/11/2023	19	24	6 ESTRIBOR		5	MIXTO							
07/11/2023	20	25	6 ESTRIBOR		10	MIXTO							
07/11/2023	20	26	3 BAVOR		15	MIXTO							
07/11/2023	20	27	3 BAVOR		15	MIXTO							
08/11/2023	21	28	3 BAVOR		5	MIXTO							
09/11/2023	22	29	3 BAVOR		15	MIXTO							
09/11/2023	22	30	3 BAVOR		20	MIXTO							
11/11/2023	24	31	3 BAVOR		15	MIXTO							
11/11/2023	24	31	3 ESTRIBOR		5	MIXTO							
13/11/2023	25	32	3 ESTRIBOR		40	MIXTO							
13/11/2023	26	33	3 ESTRIBOR		35	MIXTO							
13/11/2023	26	34	3 ESTRIBOR		20	MIXTO							
13/11/2023	26	35	2 BAVOR		2	MIXTO							
14/11/2023	27	36	2 BAVOR		35	MIXTO							
14/11/2023	27	37	2 BAVOR		20	MIXTO							
15/11/2023	28	38	2 BAVOR		35	MIXTO							
15/11/2023	28	38	2 ESTRIBOR		10	MIXTO							
15/11/2023	28	39	2 ESTRIBOR		10	MIXTO							
17/11/2023	30	40	2 ESTRIBOR		5	MIXTO							
17/11/2023	30	41				BLANCO							
18/11/2023	31	42	2 ESTRIBOR		10	MIXTO							
18/11/2023	31	43	2 ESTRIBOR		45	MIXTO							

Tabla 1. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

Ir a Datos	SINGLADURAS MAREA		SINGLADURAS ACTUAL		SINGLADURAS CON LARGADA	
	114		31		24	
	Nº	PROM. PESCA x LANCE	PROM. PESCA x SINGLADURA			
	43	20	28			
RESUMEN POR CUBAS Y LANCES	antes con ATUN	Lances con LISTADO	antes con MIXTO	TOTAL POR CUBA	BUSQUEDA POR FECHA	
	0	0	41		Fecha a buscar	Toneladas
1 BAVOR					30/09/2017	
2 BAVOR			92	92		
3 BAVOR			85	85		
4 BAVOR			80	80		
5 BAVOR			95	95		
6 BAVOR			80	80		
7 BAVOR						
8 BAVOR						
9 BAVOR						
10 BAVOR						
11 BAVOR						
1 ESTRIBOR					De esto hace:	
2 ESTRIBOR			80	80	2297 días	
3 ESTRIBOR			100	100		
4 ESTRIBOR			75	75		
5 ESTRIBOR			90	90		
6 ESTRIBOR			95	95		
7 ESTRIBOR						
8 ESTRIBOR						
9 ESTRIBOR						
10 ESTRIBOR						
11 ESTRIBOR						
TOTALES			872			
TOTAL ABORDO:		872	Toneladas			

Tabla 2. Excel programado cálculos.
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

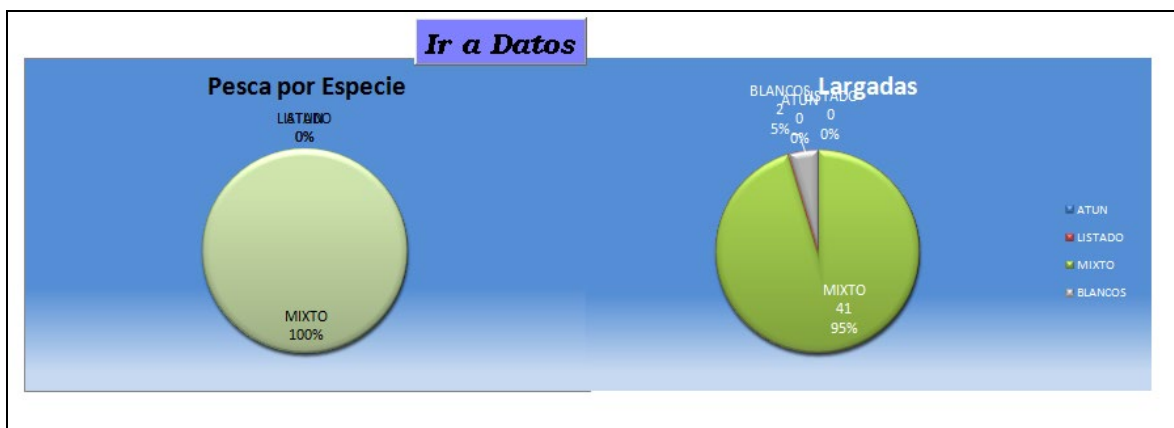


Tabla 3. Excel programado cálculos.
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

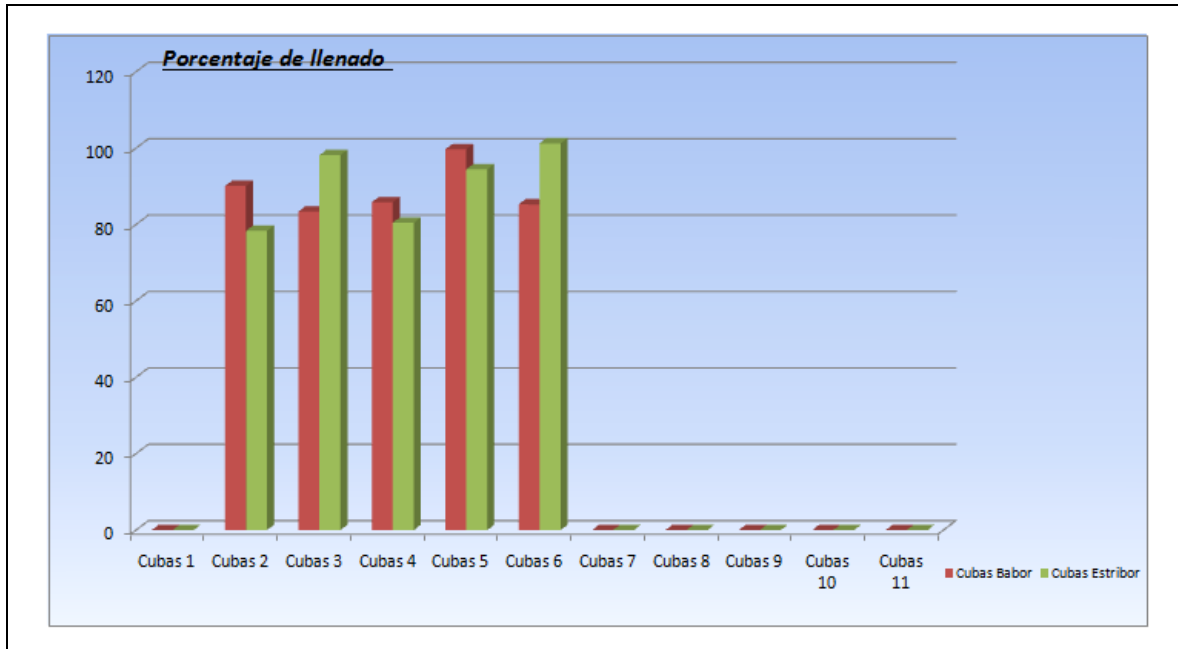


Tabla 4. Excel programado cálculos.
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

CUBA Nº	M ³	Coeficientes		LISTADO	ATUN	necesario cambiar los M ³ y el coeficiente en										REFUERZO M
		0,88	0,62			Ta sal cuba llena	M ³ pescado	Ta pescado	densidad	m ³ meera	SAL (Ta)	SAL (Ta)	FPHO	Ta sal agua salada 2.5%	Ta sal salmeera 23.3%	
1	143.89	88	89	B A B O R	33.09	0.00	0	0.23	0.00	0.00	25.61	-20.00	5.04	30.65	0.000	
2	150.13	102	93		30.03	101.10	92	0.2	49.03	9.81	26.72	-16.40	5.25	31.98	80.118	
3	149.8	102	93		28.46	93.41	85	0.19	56.39	10.71	26.66	-15.20	5.24	31.91	83.445	
4	137.03	93	86		30.15	87.91	80	0.22	49.12	10.81	24.39	-19.00	4.80	29.19	85.855	
5	140.11	95	87		30.82	104.40	95	0.22	35.71	7.88	24.84	-19.00	4.80	29.84	86.712	
6	137.96	94	86		30.35	87.91	80	0.22	50.04	11.01	24.56	-19.00	4.83	29.38	85.282	
7	0	0	0													
8	0	0	0													
9	0	0	0													
10	0	0	0													
11	0	0	0													
1	143.9	88	89	E S T R I B O R	33.09	0.00	0	0.23	0.00	0.00	25.61	-20.00	5.04	30.65	0.000	
2	150.1	102	93		31.53	87.91	80	0.21	62.22	13.07	26.72	-17.80	5.25	31.98	78.363	
3	149.8	102	93		28.46	109.89	100	0.19	39.91	7.58	26.66	-15.20	5.24	31.91	86.170	
4	137.0	93	86		28.46	82.42	75	0.215	54.61	11.74	24.39	-18.30	4.80	29.19	80.489	
5	140.1	95	87		30.12	98.90	90	0.215	41.21	8.88	24.84	-18.30	4.80	29.84	84.464	
6	138.0	94	86		30.35	104.40	95	0.22	33.55	7.38	24.56	-19.00	4.83	29.38	101.273	
7	0	0	0													
8	0	0	0													
9	0	0	0													
10	0	0	0													
11	0	0	0													
					d pescado cuba	0.81		m ³ meera vieja	471.80	3.37						

Tabla 5. Excel programado cálculos.
(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

2 BR

LANCE/FECHA	13-11	14-11	14-11	15-11
Numero de lance / CUBA	35/2BR	36/2BR	37/2BR	38/2BR
Tn Pescado existente	0,00	2,00	37,00	57,00
M ³ Salmuera existente	150,13	147,93	109,47	87,49
Densidad Salmuera existente	19,50	19,45	19,30	19,15
Temperatura	-13,80	-14,10	-11,90	-12,30
Tn Pescado capturado	2,00	35,00	20,00	35,00
Temperatura pescado capturado	30,00	29,00	29,00	29,00
M ³ Salmuera existente	147,93	109,47	87,49	49,03
Fecha/Hora inicio congelación	13-11/12:45	14-11/8:40	14-11/14:40	15-11/10:30
Temperatura inicio congelación	-13,80	-11,90	-11,50	-9,50
Caída de temperatura	0,00	-2,20	-0,40	-2,80
Densidad Salmuera existente	19,45	18,40	18,30	18,10
Caída de densidad	0,05	1,05	1,00	1,05
Fecha/Hora fin congelación	13-11/16:45	14-11/16:40	14-11/14:40	15-11/18:30
Temperatura fin de congelación	-13,7	-12,20	-12,20	-12,20
Densidad Salmuera existente	19,45	19,30	19,15	18,90
Tiempo de congelación	4	32	24	8
Temperatura de Congelación	-13,7	-12,2	-12,2	-12,2
Tiempo de congelación por 10 Tn	20	9,1428571	12	2,28571429
Caída de densidad	0,05	0,15	0,15	0,25
Caída de densidad por 10 Tn	0,25	0,04	0,08	0,07
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	10,86			
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,11			

Presencia de hielo en el serpentín

Tabla 6. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	35	36	37	38
Registro temperaturas (horas)	2BR	2BR	2BR	2BR
0,00	-13,80	-14,10	-11,90	-12,30
2,00				
4,00	-13,70	-11,90	-11,50	-9,50
6,00	-13,50	-10,70	-11,40	-10,60
8,00	-13,40	-11,50	-10,20	-12,20
10,00				
12,00	-14,10	-11,40	-10,40	-13,50
14,00				
16,00	-9,70	-10,20	-11,30	-10,30
18,00				
20,00	-11,90	-10,40	-9,50	-10,50
22,00				
24,00	-11,50	-11,30	-12,20	-10,60
26,00				
28,00	-11,40	-9,50	-13,50	-11,00
30,00				
32,00	-10,20	-12,20	-10,30	-11,60
34,00				
36,00	-10,40	-13,50	-10,50	-12,20
38,00				
40,00	-11,30	-10,30	-10,60	-12,70
42,00				
44,00	-9,50	-10,50	-11,00	-13,10
46,00				
48,00	-12,20	-10,60	-11,60	-13,40
50,00				
52,00	-13,50	-11,00	-12,20	-13,20
54,00				
56,00	-10,30	-11,60	-12,70	-13,90
58,00				
60,00				

Tabla 7. Excel programado cálculos.
 (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

2 ER

LANCE/FECHA	15-11	15-11	17-11	18-11	18-11
Numero de lance / CUBA	38/2ER	39/2ER	40/2ER	42/2ER	43/2ER
Tn Pescado existente	0,00	10,00	20,00	25,00	35,00
M³ Salmuera existente	150,13	139,13	128,15	122,66	111,67
Densidad Salmuera existente	19,20	19,10	19,00	19,00	18,90
Temperatura	-12,30	-11,00	-13,90	-11,00	-9,90
Tn Pescado capturado	10,00	10,00	5,00	10,00	45,00
Temperatura pescado capturado	29,00	29,00	28,00	29,00	29,00
M³ Salmuera existente	139,13	128,15	122,66	111,67	62,22
Fecha/Hora inicio congelación	15-11/10:30	15-11/13:15	17-11/13:30	18-11/8:10	18-11/15:40
Temperatura inicio congelación	-9,70	-11,00	-13,30	-9,90	-6,10
Caída de temperatura	-2,60	0,00	-0,60	-1,10	-3,80
Densidad Salmuera existente	18,80	18,70	18,70	18,50	18,20
Caída de densidad	0,40	0,40	0,30	0,50	0,70
Fecha/Hora fin congelación	15-11/16:30	15-11/19:15	17-11/17:30		
Temperatura fin de congelación	-12,2	-12,20	-13,30		
Densidad Salmuera existente	19,1	19,00	19,00	18,90	18,50
Tiempo de congelación	6	6	4		
Temperatura de Congelación	-12,2	-12,2	-13,3		
Tiempo de congelación por 10 Tn	6	6	8		
Caída de densidad	0,10	0,10	0,00	0,10	0,40
Caída de densidad por 10 Tn	0,10	0,10	0,00	0,10	0,09
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	6,67				
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,08				

Presencia de hielo en el serpentín

Tabla 8. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	38	39	40	42	43
Registro temperaturas (horas)	2ER	2ER	2ER	2ER	2ER
0,00	-12,30	-11,00	-13,90	-11,00	-9,90
2,00					
4,00	-9,70	-9,70	-13,30	-9,90	-6,10
6,00	-12,20	-12,20	-13,30	-7,10	-6,90
8,00	-8,60	-8,60	-13,70	-6,10	
10,00					
12,00	-13,00	-13,00	-14,10		
14,00					
16,00	-12,80	-12,80	-10,50		
18,00					
20,00	-12,90	-12,90	-9,90		
22,00					
24,00	-13,20	-13,20	-6,10		
26,00					
28,00	-13,30	-13,30			
30,00					
32,00	-13,60	-13,60			
34,00					
36,00	-13,80	-13,80			
38,00					
40,00	-13,90	-13,90			
42,00					
44,00	-13,90	-13,90			
46,00					
48,00	-13,50	-13,50			
50,00					
52,00	-13,30	-13,30			
54,00					
56,00	-13,30	-13,30			
58,00					
60,00					

Tabla 9. Excel programado cálculos.
 (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

3 BR

LANCE/FECHA	7-11	7-11	8-11	9-11	9-11	11-11
Numero de lance / CUBA	26/3BR	27/3BR	28/3BR	29/3BR	30/3BR	31/3BR
Tn Pescado existente	0,00	15,00	30,00	35,00	50,00	70,00
M³ Salmuera existente	149,80	133,22	116,83	111,34	94,85	72,88
Densidad Salmuera existente	19,50	19,40	19,30	19,30	19,20	19,00
Temperatura	-13,80	-10,00	-13,40	-13,80	-11,70	-14,00
Tn Pescado capturado	15,00	15,00	5,00	15,00	20,00	15,00
Temperatura pescado capturado	27,00	27,00	28,00	29,00	29,00	28,00
M³ Salmuera existente	133,22	116,83	111,34	94,85	72,88	56,39
Fecha/Hora inicio congelación	7-11/11:40	7-11/14:10	8-11/10:25	9-11/8:25	9-11/11:15	11-11/11:30
Temperatura inicio congelación	-8,30	-8,30	-12,00	-11,70	-9,70	-11,10
Caída de temperatura	-5,50	-1,70	-1,40	-2,10	-2,00	-2,90
Densidad Salmuera existente	18,60	18,30	18,30	18,20	18,10	17,80
Caída de densidad	0,90	1,10	1,00	1,10	1,10	1,20
Fecha/Hora fin congelación	7-11/21:40	8-11/21:40	9-11/02:25	10-11/20:25	10-11/19:15	12-11/7:00
Temperatura fin de congelación	-13,2	-13,20	-13,20	-12,70	-12,70	-13,30
Densidad Salmuera existente	19,4	19,30	19,30	19,20	19,00	18,90
Tiempo de congelación	20	20	16	36	32	20
Temperatura de Congelación	-13,2	-13,2	-13,2	-12,7	-12,7	-13,3
Tiempo de congelación por 10 Tn	13,3333333	13,333333	32	24	16	13,3333333
Caída de densidad	0,10	0,10	0,00	0,10	0,20	0,10
Caída de densidad por 10 Tn	0,07	0,07	0,00	0,07	0,10	0,07
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	18,67					
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,06					

Presencia de hielo en el serpentín

Tabla 10. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	26	27	28	29	30	31
Registro temperaturas (horas)	3BR	3BR	3BR	3BR	3BR	3BR
0,00	-13,80	-10,00	-13,40	-13,80	-11,70	-14,00
2,00						
4,00	-8,30	-8,30	-12,00	-11,70	-9,70	-11,10
6,00	-8,50	-8,50	-11,80	-9,40	-10,30	-11,30
8,00	-9,40	9,40	-11,80	-9,70	-12,10	-11,60
10,00						
12,00	-12,00	-12,00	-12,40	-12,10	-11,50	-12,10
14,00						
16,00	-12,90	-12,90	-13,20	-11,50	-11,30	-12,80
18,00						
20,00	-13,20	-13,20	-13,80	-11,30	-11,30	-13,30
22,00						
24,00	-13,40	-13,40	-11,70	-11,30	-12,00	-13,70
26,00						
28,00	-12,00	-12,00	-9,70	-12,00	-12,20	-13,90
30,00						
32,00	-11,80	-11,80	-12,10	-12,20	-12,70	-11,30
34,00						
36,00	-12,40	-12,40	-11,50	-12,70	-13,30	-13,10
38,00						
40,00	-13,20	-13,20	-11,30	-13,30	-13,60	-14,00
42,00						
44,00	-13,80	-13,80	-11,30	-13,60	-13,90	-14,00
46,00						
48,00	-11,70	-11,70	-12,00	-13,90	-14,00	-14,00
50,00						
52,00	-9,70	-9,70	-12,20	-14,00	-11,10	-13,50
54,00						
56,00	-12,10	-12,10	-12,70	-11,10	-11,60	-11,70
58,00						
60,00						

Tabla 11. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

3 ER

LANCE/FECHA	11-11	12-11	13-11	13-11
Numero de lance / CUBA	31/3ER	32/3ER	33/3ER	34/3ER
Tn Pescado existente	0,00	5,00	45,00	80,00
M³ Salmuera existente	149,80	144,31	100,35	61,89
Densidad Salmuera existente	19,50	19,45	19,20	19,00
Temperatura	-13,80	-13,10	-12,60	-10,80
Tn Pescado capturado	5,00	40,00	35,00	20,00
Temperatura pescado capturado	28,00	29,00	30,00	30,00
M³ Salmuera existente	144,31	100,35	61,89	39,91
Fecha/Hora inicio congelación	11-11/11:30	12-11/8:55	13-11/8:25	13-11/10:20
Temperatura inicio congelación	-11,50	-9,00	-9,60	-9,60
Caída de temperatura	-2,30	-4,10	-3,00	-1,20
Densidad Salmuera existente	18,60	18,00	17,80	18,00
Caída de densidad	0,90	1,45	1,40	1,00
Fecha/Hora fin congelación	12-11/7:30	12-11/20:55	13-11/20:25	13-11/22:20
Temperatura fin de congelación	-13,1	-13,40	-12,70	-12,70
Densidad Salmuera existente	19,45	19,20	19,00	18,90
Tiempo de congelación	20	12	12	12
Temperatura de Congelación	-13,1	-13,4	-12,7	-12,7
Tiempo de congelación por 10 Tn	40	3	3,428571429	6
Caída de densidad	0,05	0,25	0,20	0,10
Caída de densidad por 10 Tn	0,10	0,06	0,06	0,05
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	13,11			
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,07			

Presencia de hielo en el serpentín

Tabla 12. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	31	32	33	34
Registro temperaturas (horas)	3ER	3ER	3ER	3ER
0,00	-13,80	-13,10	-12,30	-10,80
2,00				
4,00	-11,50	-9,00	-9,60	-9,60
6,00	-11,60	-10,10	-10,10	-10,10
8,00	-11,40	-11,30	-11,70	-11,70
10,00				
12,00	-11,80	-13,40	-12,70	-12,70
14,00				
16,00	-12,50	-11,90	-10,50	-10,50
18,00				
20,00	-13,10	-12,10	-10,50	-10,50
22,00				
24,00	-7,50	-8,10	-12,50	-12,50
26,00				
28,00	-9,00	-9,60	-12,30	-12,30
30,00				
32,00	-11,30	-11,70	-12,80	-12,80
34,00				
36,00	-13,40	-12,70	-13,20	-13,20
38,00				
40,00	-11,90	-10,50	-13,50	-13,50
42,00				
44,00	-12,10	-10,50	-14,10	-14,10
46,00				
48,00	-8,10	-12,50	-14,60	-14,60
50,00				
52,00	-9,60	-12,30	-14,40	-14,40
54,00				
56,00	-11,70	-12,80	-14,20	-14,20
58,00				
60,00				

Tabla 13. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

4 BR

LANCE/FECHA	1/19-10	2/23-10	3/24-10	4/25-10	5/26-10
Numero de lance / CUBA	1/4BR	2/4BR	3/4BR	4/4BR	4/4BR
Tn Pescado existente	0,00	20,00	50,00	60,00	80,00
M ³ Salmuera existente	137,03	115,00	82,08	71,10	49,11
Densidad Salmuera existente	20,00	19,80	19,60	19,50	
Temperatura	-15,50	-14,80	-13,30	-14,30	
Tn Pescado capturado	20,00	30,00	10,00	20,00	
Temperatura pescado capturado	29,00	29,00	29,00	28,00	
M ³ Salmuera existente	115,00	82,08	71,10	49,11	
Fecha/Hora inicio congelación	19-10/9:30	23-10/8:30	24-10/8:45	25-10/10:15	
Temperatura inicio congelación	-8,00	-8,90	-10,10	-13,40	
Caída de temperatura	-7,50	-5,90	-3,20	-0,90	
Densidad Salmuera existente	19,00	18,80	18,70	18,60	
Caída de densidad	1,00	1,00	0,90	0,90	
Fecha/Hora fin congelación	19-10/19:30	23-10/20:30	24-10/20:50	26-10/2:15	
Temperatura fin de congelación	-15,00	-14,50	-14,50	-14,80	
Densidad Salmuera existente	19,80	19,60	19,50	19,40	
Tiempo de congelación	10	12	12	24	
Temperatura de Congelación	-15	-14,8	-14,5	-14,8	
Tiempo de congelación por 10 Tn	5	4	12	12	
Caída de densidad	0,20	0,20	0,10	0,10	
Caída de densidad por 10 Tn	0,10	0,07	0,10	0,05	
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	8,25				
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,08				
Presencia de hielo en el serpentín	NO	NO	NO	NO	

Tabla 14. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	1/19-10	2/23-10	3/24-10	4/25-10	5/26-10
Registro temperaturas (horas)	4 BR	4 BR	4 BR	4BR	4BR
0,00	-15,50	-14,80	-13,30	-14,30	
2,00	-8,50	-8,70			
4,00	-10,60	9,20	-10,10	-13,40	
6,00	15,20	9,44	-12,70	-12,70	
8,00	-14,80	-11,90	-14,50	-12,80	
10,00	-14,80				
12,00	-14,80	13,40	-13,70	-13,40	
14,00					
16,00	-14,80	-13,30	-14,10	-14,10	
18,00					
20,00	-14,40	-12,90	-14,30	-14,50	
22,00					
24,00	-14,70	-13,10	-13,00	-14,80	
26,00					
28,00	-14,80	-10,80	-13,80	-14,90	
30,00					
32,00	-14,70	-10,10	-12,80	-14,80	
34,00					
36,00	-14,70	-14,50	-13,40		
38,00					
40,00	-14,80	-13,70	-14,10		
42,00					
44,00	-14,80	-14,10	-14,50		
46,00					
48,00	-14,90	-14,30	-14,80		
50,00					
52,00	-15,00	-13,00	-14,90		
54,00					
56,00	-14,80	-13,40	-14,80		
58,00					
60,00	-15,00	-12,80			

Tabla 15. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

4 ER

LANCE/FECHA	4/25-10	5/26-10	6/27-10	8/27-10
Numero de lance / CUBA	4/4ER	5/4ER	6/4ER	8/4ER
Tn Pescado existente	0,00	20,00	55,00	70,00
M ³ Salmuera existente	137,00	120,55	82,08	65,60
Densidad Salmuera existente	20,00	19,80	19,70	19,50
Temperatura	-15,40	-14,80	-13,40	-13,80
Tn Pescado capturado	15,00	35,00	15,00	5,00
Temperatura pescado capturado	28,00	29,00	29,00	29,00
M ³ Salmuera existente	120,55	82,08	65,60	60,11
Fecha/Hora inicio congelación	25- 10/10:15	26-10/9:45	27-10/11:25	28- 10/10:15
Temperatura inicio congelación	-7,80	-7,80	-11,70	-13,10
Caída de temperatura	-7,60	-7,00	-1,70	-0,70
Densidad Salmuera existente	19,00	19,00	18,80	18,70
Caída de densidad	1,00	0,80	0,90	0,80
Fecha/Hora fin congelación	26-10/2:15	27-10/13:45	28-10/15:25	28- 10/18:15
Temperatura fin de congelación	-14,60	-13,70	-13,60	-13,60
Densidad Salmuera existente	19,80	19,70	19,50	19,40
Tiempo de congelación	16	28	28	8
Temperatura de Congelación	-14,6	-13,7	-13,6	-13,6
Tiempo de congelación por 10 Tn	10,666667	8	18,666667	16
Caída de densidad	0,20	0,10	0,20	0,10
Caída de densidad por 10 Tn	0,13	0,03	0,13	0,20
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	13,33			
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,12			
Presencia de hielo en el serpentín	NO			

Tabla 16. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	4/25-10	5/26-10	6/27-10	8/27-10
Registro temperaturas (horas)	4ER	4ER	4ER	4ER
0,00	-15,40	-14,80	-13,40	-13,80
2,00				
4,00	-7,80	-7,80	-11,70	-13,10
6,00	-8,20	-9,90	-11,40	-13,20
8,00	-11,30	-12,80	-11,70	-13,60
10,00				
12,00	-15,10	-12,40	-12,30	-14,00
14,00				
16,00	-14,60	-12,20	-13,00	-14,50
18,00				
20,00	-14,80	-12,70	-13,00	-14,80
22,00				
24,00	-7,80	-13,40	-13,80	-14,60
26,00				
28,00	-9,80	-13,70	-13,10	-14,10
30,00				
32,00	-12,80	-11,70	-13,60	-14,60
34,00				
36,00	-12,40	-11,70	-14,00	
38,00				
40,00	-12,20	-12,30	-14,50	
42,00				
44,00	-12,70	-13,00	-14,80	
46,00				
48,00	-13,40	-13,80	-14,60	
50,00				
52,00	13,70	-13,10	-14,10	
54,00				
56,00	-11,70	-13,60	-14,60	
58,00				
60,00				

Tabla 17. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

5 BR

LANCE/FECHA	6/27-10	7/27-10	8/28-10	9/29-10	2-11
Numero de lance / CUBA	6/5BR	7/5BR	8/5BR	9/5BR	19/5BR
Tn Pescado existente	0,00	20,00	40,00	65,00	90,00
M³ Salmuera existente	140,11	118,12	96,15	68,68	68,68
Densidad Salmuera existente	19,80	19,70	19,60	19,50	19,40
Temperatura	-15,20	-9,00	-14,40	-13,90	-14,00
Tn Pescado capturado	20,00	20,00	25,00	25,00	5,00
Temperatura pescado capturado	29,00	29,00	29,00	30,00	29,00
M³ Salmuera existente	118,12	96,15	68,68	41,21	35,71
Fecha/Hora inicio congelación	27- 10/11:25	27-10/14:40	28- 10/10:15	29-10/8:00	2-11/14:20
Temperatura inicio congelación	-9,20	-9,20	-13,10	-10,40	-13,60
Caída de temperatura	-6,00	0,20	-1,30	-3,50	-0,40
Densidad Salmuera existente	18,80	18,70	18,60	18,50	19,20
Caída de densidad	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20
Fecha/Hora fin congelación	27- 10/23:45	28-10/2:40	28- 10/18:15	29- 10/20:00	2-11/18:20
Temperatura fin de congelación	-14,20	-14,20	-13,80	-13,70	-13,60
Densidad Salmuera existente	19,70	19,60	19,50	19,40	19,40
Tiempo de congelación	12	12	6	12	4
Temperatura de Congelación	-14,2	-14,2	-13,8	-13,7	-13,6
Tiempo de congelación por 10 Tn	6	6	2,4	4,8	8
Caída de densidad	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
Caída de densidad por 10 Tn	0,05	0,05	0,04	0,04	0,00
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	5,44				
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,04				

Presencia de hielo en el serpentín

Tabla 18. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	6/27-10	7/27-10	8/28-10	9/29-10	19
Registro temperaturas (horas)	5BR	5BR	5BR	5BR	5BR
0,00	-15,20	-9,00	-14,40	-13,90	-14,10
2,00					
4,00	-9,20	-9,20	-13,00	-15,20	-13,60
6,00	-10,80	-10,80	-13,80	-15,40	-13,90
8,00	-12,80	-12,80	-13,70	-10,40	-12,60
10,00					
12,00	-14,20	-14,20	-13,00	-13,70	-13,80
14,00					
16,00	-14,10	-14,10	-13,40	-12,10	-14,00
18,00					
20,00	-14,40	-14,40	-13,90	-12,50	-13,80
22,00					
24,00	-13,80	-13,80	-11,50	-13,10	-14,00
26,00					
28,00	-13,70	-13,70	-10,40	-13,60	-13,80
30,00					
32,00	-13,00	-13,00	-13,70	-13,80	-13,80
34,00					
36,00	-13,40	-13,40	-12,10	-13,60	-13,80
38,00					
40,00	-13,90	-13,90	-12,50	-14,20	-14,00
42,00					
44,00	-11,50	-11,50	-13,10	-14,70	-13,80
46,00					
48,00	-10,40	-10,40	-13,70	-14,60	-14,90
50,00					
52,00	-13,70	-13,70	-13,80	-14,70	-15,40
54,00					
56,00			-13,60	-14,60	-15,30
58,00					
60,00			-14,20	-14,70	

Tabla 19. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

5 ER

LANCE/FECHA	9/29-10	10/29-10	11/29-10	12/30-10	13/30-10
Numero de lance / CUBA	9/5ER	10/5ER	11/5ER	12/5ER	13/5ER
Tn Pescado existente	0,00	30,00	35,00	45,00	75,00
M³ Salmuera existente	140,01	107,14	101,65	90,66	57,69
Densidad Salmuera existente	19,70	19,60	19,50	19,40	19,30
Temperatura	-15,20	-10,10	-10,80	-12,60	-10,00
Tn Pescado capturado	30,00	5,00	10,00	30,00	15,00
Temperatura pescado capturado	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00
M³ Salmuera existente	107,14	101,65	90,66	57,69	41,21
Fecha/Hora inicio congelación	29-10/8:00	29-10/12:20	29-10/16:10	30-10/8:00	30-10/12:00
Temperatura inicio congelación	-10,20	-10,20	-7,40	-8,60	-10,00
Caída de temperatura	-5,00	0,10	-3,40	-4,00	0,00
Densidad Salmuera existente	18,70	18,60	18,50	18,40	18,30
Caída de densidad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fecha/Hora fin congelación	30-10/4:00	30-10/8:20	30-10/8:10	31-10/20:00	31-10/20:00
Temperatura fin de congelación	-12,40	-12,40	-12,40	-13,10	-13,10
Densidad Salmuera existente	19,60	19,50	19,40	19,30	19,20
Tiempo de congelación	20	20	16	36	32
Temperatura de Congelación	-12,4	-12,4	-12,4	-13,1	-13,1
Tiempo de congelación por 10 Tn	6,6666667	40	16	12	21,3333333
Caída de densidad	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Caída de densidad por 10 Tn	0,03	0,20	0,10	0,03	0,07
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	19,20				
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,09				

Presencia de hielo en el serpentín

Tabla 20. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernandez)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	9/29-10	10/29-10	11/29-10	12/30-10	13/30-10
Registro temperaturas (horas)	5ER	5ER	5ER	5ER	5ER
0,00	-15,20	-10,10	-10,80	-12,60	-10,00
2,00					
4,00	-10,20	-10,20	-7,40	-8,60	-9,90
6,00	-10,80	-10,80	-9,40	-9,00	-10,30
8,00	-7,40	-7,40	-12,20	-9,90	-11,30
10,00					
12,00	-12,20	-12,20	-12,60	-11,30	-11,40
14,00					
16,00	-12,60	-12,60	-12,40	-11,40	-10,90
18,00					
20,00	-12,40	-12,40	-9,20	-10,90	-11,30
22,00					
24,00	-9,20	-9,20	-9,90	-11,30	-11,80
26,00					
28,00	-9,90	-9,90	-11,30	-11,80	-12,40
30,00					
32,00	-11,30	-11,30	-11,40	-12,40	-13,10
34,00					
36,00	-11,40	-11,40	-10,90	-13,10	-13,60
38,00					
40,00	-10,90	-10,90	-11,30	-13,60	-13,60
42,00					
44,00	-11,30	-11,30	-11,80	-13,90	-13,90
46,00					
48,00	-11,80	-11,80	-12,40	-15,00	-14,40
50,00					
52,00	-12,40	-12,40	-13,10	-15,10	-13,50
54,00					
56,00	-12,40	-12,40	-13,10	-15,40	-13,60
58,00					
60,00	-13,10	-13,10		-15,40	

Tabla 20. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

6 BR

LANCE/FECHA	14/31-10	15/31-10	16/31-10	1-11	2-11	3-11
Numero de lance / CUBA	14/6BR	15/6BR	16/6BR	17/6BR	18/6BR	20/6BR
Tn Pescado existente	0,00	15,00	25,00	28,00	30,00	70,00
M ³ Salmuera existente	137,97	121,47	110,48	107,18	105,00	61,03
Densidad Salmuera existente	19,50	19,40	19,30	19,30	19,30	19,10
Temperatura	-14,20	-12,50	-12,30	-14,40	-14,20	-13,20
Tn Pescado capturado	15,00	10,00	3,00	2,00	40,00	10,00
Temperatura pescado capturado	30,00	30,00	30,00	29,00	29,00	28,00
M ³ Salmuera existente	121,47	110,48	107,18	105,00	61,03	50,04
Fecha/Hora inicio congelación	31-10/7:55	31-10/10:45	31-10/15:45	1-11/9:40	1-11/8:05	3-11/9:15
Temperatura inicio congelación	-11,80	-12,30	-12,30	-14,40	-8,90	-12,00
Caída de temperatura	-2,40	-0,20	0,00	0,00	-5,30	-1,20
Densidad Salmuera existente	18,50	19,10	19,30	19,30	18,30	18,60
Caída de densidad	1,00	0,30	0,00	0,00	1,00	0,50
Fecha/Hora fin congelación	31-10/20:00	31-10/20:00	31-10/20:00	1-11/15:40	2-11/8:05	4-11/5:55
Temperatura fin de congelación	-13,60	-13,60	-13,60	-14,40	-13,20	-13,80
Densidad Salmuera existente	19,40	19,30	19,30	19,30	19,10	19,00
Tiempo de congelación	12	9	6	6	24	20
Temperatura de Congelación	-13,6	-13,6	-13,6	-14,4	-13,2	-13,8
Tiempo de congelación por 10 Tn	8	9	20	30	6	20
Caída de densidad	0,10	0,10	0,00	0,00	0,20	0,10
Caída de densidad por 10 Tn	0,07	0,10	0,00	0,00	0,05	0,10
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	15,50					
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,05					

Presencia de hielo en el serpentín

Tabla 21. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	14/31-10	15/31-10	16/31-10	17	18	20
Registro temperaturas (horas)	6BR	6BR	6BR	6BR	6BR	6BR
0,00	-14,20	-12,30	-12,30	-14,40	-14,20	-13,20
2,00						
4,00	-11,80	-12,30	-13,60	-14,40	-8,90	-12,00
6,00	-11,20	-13,00	-13,90	-13,80	-10,00	-12,20
8,00	-12,30	-13,60	-13,50	-13,50	-11,70	-12,20
10,00						
12,00	-13,60	-13,60	-13,60	-13,60	-11,20	-12,80
14,00						
16,00	-13,60	-13,60	-13,90	-13,80	-12,60	-13,30
18,00						
20,00	-13,60	-13,90	-14,40	-13,80	-12,90	-13,80
22,00						
24,00	-13,90	-14,40	-13,50	-14,20	-13,20	-13,80
26,00						
28,00	-14,40	-13,50	-13,60	-8,90	-13,10	-13,90
30,00						
32,00	-13,50	-13,60	-13,80	-11,70	-12,00	-13,90
34,00						
36,00	-13,60	-13,90	-13,80	-11,20	-12,20	-14,20
38,00						
40,00	-13,90	-14,40	-14,20	-12,60	-12,80	-13,70
42,00						
44,00	-14,40	-13,50	-8,90	-12,90	-13,30	-13,90
46,00						
48,00	-13,50	-13,60	-11,70	-13,20	-13,80	-13,90
50,00						
52,00	-13,60	-13,80	-11,20	-13,10	-13,80	-14,00
54,00						
56,00	-13,80	-13,80		-12,00	-13,90	-13,50
58,00						
60,00					-13,90	

Tabla 22. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

6 ER

LANCE/FECHA	2-11	3-11	3-11	3-11	6-11	7-11
Numero de lance / CUBA	19/6ER	20/6ER	22/6ER	23/6ER	24/6ER	25/6ER
Tn Pescado existente	0,00	10,00	40,00	70,00	80,00	85,00
M ³ Salmuera existente	138,00	126,96	93,99	61,03	50,04	44,54
Densidad Salmuera existente	19,50	19,40	19,20	19,00	18,90	18,90
Temperatura	-14,80	-13,90	-10,10	-8,50	-14,00	-14,10
Tn Pescado capturado	10,00	30,00	30,00	10,00	5,00	10,00
Temperatura pescado capturado	29,00	28,00	29,00	29,00	27,00	28,00
M ³ Salmuera existente	126,96	93,99	61,03	50,04	44,54	33,55
Fecha/Hora inicio congelación	2-11/14:20	3-11/9:55	3-11/14:45	3-11/17:10	6-11/10:35	7-10/11:40
Temperatura inicio congelación	-12,00	-10,10	-8,00	-8,00	-13,00	-12,60
Caída de temperatura	-2,80	-3,80	-2,10	-0,50	-1,00	-1,50
Densidad Salmuera existente	18,70	18,60	18,50	18,40	18,40	18,30
Caída de densidad	0,80	0,80	0,70	0,60	0,50	0,60
Fecha/Hora fin congelación	2-11/22:20	4-11/16:00	4-11/18:45	4-11/21:10	6-11/16:35	7-11/21:40
Temperatura fin de congelación	-13,90	-12,90	-12,60	-12,60	-13,00	-13,20
Densidad Salmuera existente	19,40	19,20	19,00	18,90	18,90	18,80
Tiempo de congelación	8	30	28	28	6	20
Temperatura de Congelación	-13,9	-12,9	-12,6	-12,6	-13	-13,2
Tiempo de congelación por 10 Tn	8	10	9,33333333	28	12	20
Caída de densidad	0,10	0,20	0,20	0,10	0,00	0,10
Caída de densidad por 10 Tn	0,10	0,07	0,07	0,10	0,00	0,10
Tiempo de congelación por 10 Tn Medio	14,56					
Caída de densidad por 10 Tn Media	0,07					

Presencia de hielo en el serpentín

Tabla 23. Excel programado cálculos. (Fuente: Esteban Velasco Hernández)

SOLUCIÓN AL HIELO EN LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO DE CALOR EN LA CONGELACIÓN DE UN BUQUE ATUNERO

	19	20	22	23	24	25
Registro temperaturas (horas)	6ER	6ER	6ER	6ER	6ER	6ER
0,00	-14,80	-13,90	-10,10	-8,50	-14,00	-14,10
2,00						
4,00	-12,00	-10,10	-8,00	-8,00	-12,70	-12,60
6,00	-14,10	-6,80	-9,40	-9,40	-13,00	-12,40
8,00	-13,90	-8,00	-10,70	-10,70	-13,30	-11,80
10,00						
12,00	-12,90	-10,70	-12,50	-12,50	-13,50	-12,40
14,00						
16,00	-13,90	-12,50	-11,30	-11,30	-13,90	-12,80
18,00						
20,00	-9,10	-11,30	-11,40	-11,40	-14,10	-13,20
22,00						
24,00	-10,10	-11,40	-11,90	-11,90	-12,60	-13,60
26,00						
28,00	-8,00	-11,90	-12,60	-12,60	-11,80	-13,70
30,00						
32,00	-10,70	-12,90	-13,00	-13,00	-12,40	-13,90
34,00						
36,00	-12,50	-13,00	-13,60	-13,60	-12,80	-14,20
38,00						
40,00	-11,30	-13,60	-13,90	-13,90	-13,20	-14,40
42,00						
44,00	-11,40	-13,90	-13,60	-13,60	-13,60	-14,70
46,00						
48,00	-11,90	-13,60	-13,50	-13,50	-13,70	-14,90
50,00						
52,00	-12,60	-13,50	-13,80	-13,80	-13,90	-15,00
54,00						
56,00		-13,80	-13,40	-13,40	-14,10	-15,10
58,00						
60,00						

Tabla 24. Excel programado cálculos.

(Fuente: Esteban Velasco Hernández)

