

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“OPTIMIZACION DEL METODO DE
ENFRIAMIENTO DE LA PESCA EN BODEGAS
DE EMBARCACION PESQUERA DE 450 TM”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO NAVAL

JOSEPH SIDNEY CASTILLO RISCO

PROMOCION 2005-II

LIMA-PERU

2010

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

TITULO

TABLA DE CONTENIDO

I

PROLOGO

1

INTRODUCCIÓN

| | | |
|----|-------------------------|---|
| A. | Definición del Problema | 3 |
| B. | Objetivo | 5 |
| C. | Alcances | 5 |
| D. | Antecedentes | 5 |
| E. | Limitaciones | 8 |

1. MARCO TEÓRICO

| | | |
|-------|--|----|
| 1.1 | Pesca Industrial para Consumo Humano Directo | 9 |
| 1.2 | Capacidad pesquera nacional | 11 |
| 1.3 | Capacidad productiva nacional | 13 |
| 1.4 | Legislación nacional | 13 |
| 1.5 | Diseño de bodegas para almacenar pescado para consumo humano directo | 15 |
| 1.5.1 | Requisitos legales | 15 |

II

| | | |
|---|---|----|
| 1.5.2 | Requisitos técnicos | 17 |
| 1.6 | Primera Ley de la Termodinámica | 17 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | | |
| 2.1 | Calidad de la pesca para la producción de productos para consumo humano directo | 20 |
| 2.2 | Factores que influyen en la pesca de baja calidad | |
| 2.2.1 | Distancia a zona de pesca | 22 |
| 2.2.2 | Operación de los Sistemas de Refrigeración de Bodegas | 29 |
| 2.2.3 | Estudio de la transferencia de calor en bodegas en la operación tradicional del Sistema RSW | 33 |
| 2.2.4 | Rigor Mortis en la pesca para consumo humano directo | 36 |
| 2.2.5 | Otros factores | 40 |
| 3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA | | |
| 3.1 | Método alternativo para mejorar la calidad de la pesca refrigerada. | |
| | Método de Golpes de Frío. | 45 |
| 4. COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MÉTODO | | |
| 4.1 | Diseño e implementación del método | 53 |
| 4.2 | Mantenimiento del método | 55 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | |
| A. | Sobre la calidad del producto | 61 |
| B. | Mejoras para la Organización | 63 |

III

| | |
|---------------------------------|----|
| C. Mejoras para las Operaciones | 65 |
| D. Recomendaciones | 66 |

| | |
|--------------|----|
| BIBLIOGRAFIA | 72 |
|--------------|----|

ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO A. Estudio del equilibrio térmico por aplicación del método tradicional de enfriamiento de bodegas. | 74 |
| ANEXO B. Estudio del equilibrio térmico por aplicación del método de enfriamiento por golpes de frío. | 80 |
| ANEXO C. Instrucción para el almacenamiento y conservación de la pesca en bodegas. | 90 |
| ANEXO D. Memoria Descriptiva de una embarcación pesquera de 450 TM de capacidad de bodega. | 95 |

PLANOS

Esquema del Sistema Hidráulico del Sistema Hidráulico RSW de una embarcación pesquera

Esquema del Sistema de Circulación de Amoniaco del Sistema RSW de una embarcación pesquera

PROLOGO

La pesca está cambiando. Los requerimientos de las plantas pesqueras que procesan pescado para consumo humano directo son cada vez más exigentes. La productividad y rentabilidad es un factor fundamental dentro de un marco regulatorio que promueve la calidad e inocuidad de la materia prima, a fin de maximizar el aprovechamiento del recurso pesquero y reducir el impacto ambiental como consecuencia natural de la pesca.

El presente informe resume esta problemática y ofrece una alternativa de solución viable para mejorar la calidad de la pesca sin mayor inversión que el empeño y pericia del personal encargado.

El primer capítulo contiene un resumen de la situación actual de la pesca para consumo humano directo y los principales factores que afectan la calidad de la pesca y contribuyen con el nivel de descarte. Aquí se presenta también un breve cálculo que permite comprender los cambios que ocurren en la bodega de pescado cuando se aplica el sistema de enfriamiento por agua de mar, lo cual está ampliado en el Anexo A. El segundo capítulo, complementado con el Anexo B y Anexo C de este documento, ilustra el método de enfriamiento de pescado por golpes de frío, el cual es ya utilizado en pesquerías extranjeras por su alto grado de eficacia. En el Capítulo correspondiente a los costos, veremos que el principal recurso invertido para mejorar la calidad de la pesca con la aplicación del método de golpes de frío

es el tiempo. Además del tiempo y por supuesto del interés y compromiso que se aplique para el éxito de la aplicación del método, no se requiere mayor inversión monetaria. Finalmente se presentan conclusiones respecto a los resultados esperados con la aplicación del método de golpes de frío y algunas recomendaciones para su aplicación y adaptación práctica a diferentes situaciones.

El método de enfriamiento por golpes de frío está siendo empleado paulatinamente en el Perú, aunque basado en la experiencia aprendida de otras pesquerías. Este informe ofrece un cálculo que permite comprender la eficacia del método y facilitar su aplicación en cualquier situación.

Resalto que para el estudio y comprensión de este método fue particularmente importante el apoyo del personal de Austral Group S.A.A., a quienes se agradece infinitamente por sus aportes y colaboración.

INTRODUCCIÓN

A. Definición del Problema

El sector pesquero está cambiando. Nuevas leyes, reglamentos y normas legales están orientando la actividad extractiva industrial dentro de un marco de pesca responsable y desarrollo sostenible. Asimismo la tendencia es a optimizar los procesos y hacerlos más eficientes. Hoy se premia la calidad y luego la cantidad.

La industria de la harina de pescado tiene ahora otro matiz, debido a los pocos días de pesca disponibles al año, a la limitada capacidad de las plantas harineras y la variabilidad del precio de la harina de pescado en el mercado internacional, han hecho que el sector pesquero se oriente a obtener más y mejores oportunidades en las operaciones de consumo humano directo, es decir, las conservas de pescado, el pescado fresco y el pescado congelado.

A su vez el Gobierno está promoviendo el consumo de pescado y hoy en día las familias peruanas están apreciando más el pescado en sus mesas, como un alimento rico en proteínas y nutrientes.

Esto obliga a las empresas pesqueras a girar su atención en el negocio del consumo humano directo. La Organización está preocupada por esta situación y ha empezado a tomar acciones para garantizar la cantidad y calidad [1] de la pesca capturada por las embarcaciones propias y también de terceros.

Sin embargo al estudiar los resultados de la pesca obtenida con las embarcaciones destinadas al consumo humano directo, se observa que importantes volúmenes de la pesca obtenida es lamentablemente destinada a la elaboración de harina residual (casi el 30%) cuyo valor en el mercado si bien puede ser recuperado, es mucho menor al que se obtendría si esa misma pesca fuera destinada para productos de consumo directo (aproximadamente 20% menor).

En situaciones anteriores, esta pérdida de calidad en la materia prima era tolerable, incluso aceptable. Hoy sin embargo ante las tendencias descritas, la calidad se convierte en un factor fundamental para rentabilizar la operación.

En ese sentido se ha vuelto un factor clave implementar medidas orientadas a elevar el aprovechamiento de la pesca disponible para consumo humano, es decir rentabilizarla, optimizar las operaciones de

pesca y así controlar, asegurar y garantizar que la pesca capturada se encuentre en óptimas condiciones para su utilización en el procesamiento de productos para consumo humano directo.

B. Objetivo

Mejorar los estándares de productividad y calidad de las operaciones de pesca para consumo humano directo de una embarcación pesquera industrial con capacidad de bodega de 450 TM.

C. Alcances

El informe comprende el análisis y recomendaciones para:

Optimizar las operaciones de pesca de especies para consumo humano directo.

Mejorar los estándares de calidad de la pesca descargada en las Plantas procesadoras de pescado (conservas y congelado).

Aplicar la gestión del conocimiento en las operaciones de pesca.

D. Antecedentes

El sector pesquero en el Perú ha venido manejándose informalmente durante décadas. La función de una flota pesquera ha sido siempre capturar pescado sin discriminar calidad, especie, talla y estadio sexual.

En muchos casos inclusive se han venido capturando especies prohibidas o restringidas, en zonas de pesca prohibidas o vedadas y hasta en épocas de veda, con el único fin de lucrar con el recurso marino disponible.

Esto sumado a malas prácticas operativas, como el mal aprovechamiento del combustible, equipos de búsqueda y captura obsoletos, inexistente gestión de residuos peligrosos, etc., han causado que el sector pesquero gane una mala reputación a nivel nacional, tanto como el sector minero en su momento.

Aunque el Gobierno, a través del Ministerio de Pesquería (hasta el año 2001) y luego con el Ministerio de la Producción, ha establecido normas orientadas a restringir y sancionar estas malas prácticas, los mecanismos de control han sido insuficientes durante mucho tiempo.

El impacto de estas prácticas de pesca sobre el sector comprende varios aspectos, en general negativos:

- Sanciones y multas por incumplimiento de dispositivos legales.
- Ineficiencia de las operaciones de captura.
- Depredación de los recursos hidrobiológicos.
- Contaminación del medio marino.
- Gastos excesivos de mantenimiento.
- Gastos excesivos por descartes de la producción.

Las empresas pesqueras concedoras de esta situación, poco o nada han hecho pues las utilidades generadas por las operaciones de pesca han cubierto largamente los costos de la responsabilidad legal, social y ambiental.

Hoy, la situación política y social está cambiando.

La crisis nacional y mundial, la competencia, la presión creciente de los grupos de interés (como clientes, accionistas, gobierno, grupos ambientalistas, la comunidad y el sector pesquero mundial en general) y por supuesto las nuevas tendencias administrativas que vienen desarrollando en el sector empresarial hacen que los gerentes y directores cuestionen la forma de trabajo tradicional de las empresas pesqueras y están empezando a cambiar paradigmas, escuchando y atendiendo las señales externas que afectan su desempeño organizacional.

En ese sentido, las Empresas Pesqueras están buscando e implementando alternativas operacionales que resulten aplicables, económicas, social y ambientalmente adecuadas, seguras y que den resultados no sólo similares sino mejores a los tradicionales.

Los procesos de captura y descarga, como fases iniciales de la producción de alimentos para consumo humano directo, toman ahora un papel importante y trascendental. A la Flota Pesquera se les exige que entreguen pesca cumpliendo exigentes estándares de calidad y a la vez

mejorando sus ratios de eficiencia y disminuyendo sus costos de mantenimiento y operación, lo cual actualmente todavía es un reto.

E. Limitaciones

El informe está orientado a la optimización de las operaciones de una embarcación que captura pescado para consumo humano directo. Por tanto no involucran las operaciones para consumo indirecto, aunque la metodología puede aplicarse igualmente.

Asimismo el informe está orientado a la aplicación del método de golpes de frío en una embarcación de 450 Toneladas métricas, con un sistema de refrigeración de bodegas por RSW con capacidad de 640000 kcal/hora, y de cinco bodegas con arreglo de 4 laterales de 70 toneladas cada una y una bodega central de 170 toneladas. Si bien la alternativa es viable para esta configuración, su aplicación en otras embarcaciones depende de la geometría de sus bodegas y de las condiciones de pesca y operación, por tanto su aplicación debería ser estudiada en forma independiente en cada caso.

El informe incluye aspectos que de ejecutarse ofrecen una buena alternativa para mejorar los procesos, mejorar la pesca y mantener dichas mejoras en forma sostenible.

1.

MARCO TEORICO

1.1 Pesca industrial para consumo humano directo

En el Perú, la pesca para consumo humano directo de origen industrial es variada, se concentra en la captura de jurel (*trachurus picturatus murphyi*) y la caballa (*scomber japonicus*) como principales especies, siguiendo el bonito (*sarda chilensis*), atún aleta amarilla (*thunnus albacares*) atún ojo grande (*thunnus Obesus*) y barrilete (*katsuwonus pelamis*), aunque estas últimas en menor escala y en su mayoría es realizada por embarcaciones de bandera extranjera. Actualmente está predominando la captura de anchoveta (*engraulis ringens*) para procesamiento industrial de alimentos de consumo directo, sin embargo la mayor proporción de esta especie proviene de la pesca artesanal. La pesca industrial de anchoveta está destinada en su totalidad para la producción harina y aceite crudo de pescado.

En el siguiente cuadro se presentan los volúmenes de descarga por especie en el litoral peruano así como el destino que se le ha dado a esta pesca durante el periodo 2008.

Cuadro No. 1.- Desembarque de recursos hidrobiológicos marítimos por tipo de utilización según especie: Ene- Dic 2008

| Especie | Total | Harina | Enlatado | Congelado | Curado | Fresco |
|-------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| TOTAL | 6,956,888 | 5,826,650 | 163,936 | 510,259 | 44,769 | 411,274 |
| Anchoveta | 5,922,977 | 5,823,161 | 86,822 | 3,400 | 9,481 | 113 |
| Atún | 1,215 | 0 | 1,096 | 100 | 0 | 19 |
| Bonito | 26,608 | 0 | 1,651 | 1,518 | 12 | 23,427 |
| Caballa | 105,668 | 0 | 50,989 | 32,687 | 515 | 21,477 |
| Calamar | 12,613 | 0 | 0 | 8,779 | 0 | 3,834 |
| Caracol | 923 | 0 | 18 | 550 | 0 | 355 |
| Concha de Abanico | 22,063 | 0 | 0 | 21,256 | 0 | 807 |
| Choro | 9,990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9,990 |
| Jurel | 75,964 | 0 | 14,295 | 11,506 | 449 | 49,714 |
| Langostino | 16,034 | 0 | 0 | 13,286 | 0 | 2,748 |
| Lisa | 14,675 | 0 | 0 | 16 | 320 | 14,339 |
| Merluza | 36,338 | 0 | 0 | 26,090 | 303 | 9,945 |
| Pejerrey | 11,349 | 0 | 0 | 1,414 | 0 | 9,935 |

Fuente: Portal del Ministerio de la Producción [6]

El Cuadro No. 1 muestra que una importante cantidad de jurel y caballa es destinada a la producción de conservas de pescado y pescado congelado, mientras que una cantidad mucho menor (equivalente a sólo 1.52% de la anchoveta capturada a nivel nacional tiene esta utilidad.

Esto representa la importancia y trascendencia que tiene la pesca de jurel y caballa para en la industria pesquera de consumo humano directo.

1.2 Capacidad pesquera nacional.

El esfuerzo pesquero en el Perú está compuesto por embarcaciones artesanales e industriales. Según el reporte del Directorio de Embarcaciones Pesqueras del Ministerio de la Producción a diciembre del 2009 [7], a nivel nacional existen más de 5500 embarcaciones registradas, de las cuales mantienen permisos de pesca vigentes 5327, aunque de ellas 379 embarcaciones tienen el permiso suspendido por alguna sanción o infracción no resuelta.

De las 5327 embarcaciones, 1188 embarcaciones se dedican a la pesca industrial, que consiste en la captura de especies hidrobiológicas a gran escala. El resto son consideradas embarcaciones artesanales.

A continuación, el Cuadro No. 2 muestra la distribución de estas embarcaciones industriales según el material con que fue construido el casco y el sistema de preservación de la pesca.

Cuadro 2. Capacidad de Captura de Recursos Hidrobiológicos Marinos a nivel nacional según sistema de preservación de la pesca.

| Material del casco | CSW | RSW | Con Hielo | S/P | TOTAL |
|--------------------|----------|------------|------------|------------|-------------|
| Madera | 1 | - | 437 | 189 | 627 |
| Acero Naval | 4 | 107 | 5 | 442 | 558 |
| Fibra de Vidrio | - | - | - | 2 | 2 |
| No especifica | - | - | - | 1 | 1 |
| Subtotal | 5 | 107 | 442 | 534 | 1188 |

Fuente: Portal del Ministerio de la Producción [7]

Leyenda: Con hielo: preservación de la pesca con hielo en cremolada
 CSW: Refrigeración de Bodegas con enfriador de agua de mar.
 S/P: Sin sistema de preservación.
 RSW: Refrigeración de Bodegas con Agua de Mar.

Se puede notar entonces que existe una importante carga de embarcaciones de madera para pesca industrial, seguido de embarcaciones de acero. Asimismo un importante número de embarcaciones no tiene sistemas de preservación de la pesca o utilizan preservación con hielo machacado o en cremolada.

Como se ve en el Cuadro No. 3 a continuación, 107 embarcaciones industriales a nivel nacional cuentan con sistema de refrigeración de bodegas con agua de mar (RSW) y todas han sido construidas de acero naval. Once (11) de estas embarcaciones pertenecen a la Organización, lo que representa el 10% de las embarcaciones de este tipo. Con respecto a la capacidad de bodega, estas once embarcaciones representan casi el 12% de la capacidad de bodega nacional de las embarcaciones de este tipo.

Cuadro No 3. Capacidad de Captura de Recursos Hidrobiológicos Marinos.

Embarcaciones con sistema RSW, con Autorización de Pesca Vigente para Pesca de Consumo Humano Directo.

| | Número de embarcaciones | Capacidad de Bodega Total Tm |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Nacional | 107 | 47111.287 |
| La Organización | 11 | 5473.956 |
| Participación | 10.28% | 11.62% |

1.3 Capacidad productiva nacional.

Así como las embarcaciones pesqueras tienen una capacidad nominal de pesca, la capacidad productiva de la Organización tiene también una participación importante en la capacidad productiva nacional, sin contar con la importación, como lo muestra el Cuadro No. 4 a continuación.

Cuadro No 4. Capacidad de Producción de Productos para consumo humano directo (conservas y congelados)

Plantas pesqueras con Licencia de Operación Vigente a diciembre 2009

| | CONSERVAS | | CONGELADOS | |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | Cantidad de Plantas | Capacidad de Producción C/T | Cantidad de Plantas | Capacidad de Producción T/D |
| Nacional | 95 | 161527 | 123 | 5058.54 |
| Empresa | 2 | 41934 | 2 | 357 |
| Participación | 2.11% | 25.96% | 1.63% | 7.06% |

Fuente: Portal del Ministerio de la Producción.

1.4 Legislación nacional

El Gobierno, a través de sus órganos legisladores y ejecutivos ha emitido diversas normas orientadas a regular la captura y procesamiento de recursos hidrobiológicos, con el afán de ordenar el sector y asegurar la sostenibilidad del recurso. La depredación de la cual fue víctima la biomasa marina en años anteriores al 2005 ha terminado, poniéndose

en práctica nuevos dispositivos de control y seguimiento de la pesca y la descarga.

Cuadro No. 5 - Listado de las Principales Normas Legales Nacionales relacionadas al sector pesquero de consumo humano directo

| N° DEL DOCUMENTO | CONTENIDO |
|---------------------------------|---|
| Ley N° 25977 | Ley general de pesca |
| DL N° 1027 | Modifica la Ley general de pesca |
| DS N° 015-2007-PRODUCE | Modifican Art 27° Reglamento de la Ley General de Pesca |
| DL N° 1084 | Límites máximos de captura por embarcación (LMCE) |
| DS N° 016-2007-PRODUCE | Inspecciones y sanciones pesqueras y acuícolas |
| DS N° 023-2006-PRODUCE | Modifican reglamentos de inspecciones y procedimientos sancionatorios |
| DS N° 025-2005-PRODUCE | Reglamento SANIPES |
| DS N° 040-2001-PE | Norma sanitaria actividades pesqueras |
| Ley N° 28559 | Ley del Servicio Nacional de Sanidad Pesquera SANIPES |
| RM N° 208-96-PE | Aprueban reglamento ley general de pesca relativa a la protección del medio ambiente. |
| Comunicado 058-2008-ITP/SANIPES | Exportación de aceite crudo de pescado para consumo humano para la comunidad europea |
| DS No 011-2007-PRODUCE | Reglamento de Ordenamiento Pesquero del Jurel y Caballa |

1.5 Diseño de bodegas para almacenar pescado de consumo humano directo.

1.5.1 Requisitos Legales

El Decreto Supremo No. 040-2001-PE [2], establece requisitos mínimos que deben cumplir las embarcaciones pesqueras para el diseño y operación de bodegas de las embarcaciones pesqueras que capturan pescado para consumo humano directo. Entre los principales requisitos indica lo siguiente:

“REQUERIMIENTOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Condiciones para el diseño, construcción y equipamiento de embarcaciones

Artículo 8º.- Las embarcaciones... deben estar diseñadas, construidas y equipadas de manera que:

- a. Permitan un rápido y eficiente manipuleo del pescado.*
- b. Faciliten la limpieza y desinfección.*
- c. Puedan aplicarse en forma efectiva los métodos de preservación o conservación del pescado a bordo...*
- d. Se prevenga la contaminación y los daños físicos del pescado.*

Condiciones de las bodegas y lugares de almacenamiento

Artículo 9º.- Las bodegas... deben cumplir con lo siguiente:

- a. *Contar con protección contra el sol, el viento y agentes del medio ambiente.*
- b. *Tener superficies de materiales lisos e impermeables, resistentes a la corrosión, mantenidos en buenas condiciones, de materiales no tóxicos, fáciles de limpiar y desinfectar, de color claro, sean estos mamparos, divisiones, estantes, inclusive, las superficies interiores de tanques o cajas para el almacenamiento del pescado, cuyas aristas y vértices deberán ser redondeadas y que no generen olor y sabor extraño al pescado.*
- c. *Tener un diseño que evite y proteja al pescado de daños físicos.*
- d. *Contar con sistemas de drenaje...*

Los sistemas de almacenamiento de pescado en agua de mar refrigerada... deben estar diseñados de modo que puedan ser mantenidos limpios y desinfectados, incluyendo tuberías y dispositivos del sistema de refrigeración...

- e. *Las bodegas y mamparos conectados con la sala de máquinas deben ser diseñadas y construidas para controlar el ingreso del calor y, adicionalmente, ser estancos que prevenga el ingreso de petróleo y sustancias extrañas a la bodega.*

REQUERIMIENTOS OPERATIVOS

Condiciones para la preservación del pescado a bordo

Artículo 12°.- El manipuleo a bordo debe realizarse en condiciones higiénicas y sanitarias, asegurando el cumplimiento de los siguientes requerimientos:

a. Los sistemas de preservación...debe asegurar el enfriamiento rápido y oportuno de la pesca.”

1.5.2 Requisitos Técnicos

El almacenamiento de pescado en las bodegas de las embarcaciones se realiza hoy considerando los siguientes requisitos:

- El Sistema de Enfriamiento de Bodegas debe asegurar el enfriamiento mínimo del 60% de la capacidad de bodegas hasta 0°C en no más de 4 horas.
- Las bodegas deben ser insuladas para evitar el ingreso de calor desde el exterior de la embarcación y desde la sala de máquinas y otros compartimientos calientes de la embarcación.

1.6 Primera Ley de la Termodinámica

El comportamiento de la pesca en bodegas, lo cual será motivo de estudio en este informe, puede ser explicado aplicando conceptos básicos de termodinámica, en particular con la aplicación de la ley

conservación del trabajo y la energía o Primera Ley de la Termodinámica.

Esta ley establece que para cualquier ciclo que siga un sistema, la integral cíclica del calor es proporcional a la integral cíclica del trabajo [10]. En un sistema donde existe un cambio de estado, como se da en la realidad, se debe introducir el concepto de energía como la diferencia entre la diferencial de trabajo y la diferencial de energía producido por el cambio de estado:

$$\partial Q - \partial W = dE$$

Donde Q representa el calor en el sistema, W el trabajo y E la energía total. Esta energía total se compone de la energía interna del sistema o proceso (U), la energía cinética (Ec) y la energía potencial (Ep).

Consideremos la bodega de una embarcación pesquera como un sistema cerrado en donde no se produce un trabajo directo, la masa es la misma, sólo procesos de transferencia de calor y la energía presente sólo es energía interna pues la masa permanece quieta, por tanto la energía cinética y potencial son despreciables. La ecuación de la conservación de la energía en este caso quedaría así:

$$\partial Q = \partial U \dots\dots (1)$$

Para efectos del estudio definiremos el calor específico de una sustancia como la relación entre el cambio de energía específica y el cambio de temperatura de dicha sustancia. La energía específica es, en esta definición, la energía por unidad de masa presente en una sustancia.

$$C_e = \partial u / \partial T = \partial U / m \cdot \partial T$$

Por tanto el cambio de energía presente en un sistema se puede expresar en términos del calor específico de la sustancia en el sistema y del cambio de su temperatura.

$$\partial U = C_e \cdot m \cdot \partial T$$

Retornando a la ecuación (1), resulta que se puede expresar el calor suministrado o retirado de un sistema como:

$$\partial Q = C_e \cdot m \cdot \partial T, \text{ ó}$$

$$\Delta Q = C_e \cdot m \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2)$$

Esta expresión la usaremos más adelante para estudiar el calor extraído de bodegas durante la refrigeración.

2.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Calidad de la Pesca para la producción de productos para Consumo Humano Directo.

Las embarcaciones pesqueras de la Organización que cuentan con sistemas de preservación de la pesca han sido diseñadas y operan para proveer a nuestras Plantas de producción la materia prima que requieren para el procesamiento de conservas de pescado y pescado congelado, es decir para consumo humano directo. Sin embargo actualmente, por razones que debemos estudiar no están ofreciendo materia prima cien por ciento apta para las operaciones de consumo humano directo, por lo que un buen porcentaje de la misma se descarta, destinándola para producir harina y aceite de pescado residual.

Aunque el producto descartado no se pierde, la rentabilidad de los productos de consumo humano directo, especialmente productos congelados es mayor que la rentabilidad de la harina de pescado residual, por lo que se hace necesario encontrar una solución a esta pérdida de calidad de la pesca y la consiguiente pérdida de rentabilidad.

Cuadro No. 6 - Descarga de Pescado para consumo humano directo entre Enero y Abril 2009: Embarcaciones Pesqueras Propias, en toneladas.

| Destino | Jurel | Caballa | Bonito | Total = | Porcentaje |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------|--------------|
| Conservas | 3034.205 | 3223.852 | - | 6258.057 | 42.8% |
| Congelado | 1290.195 | 2305.17 | 255.69 | 3851.055 | 26.4% |
| Fresco | 26.955 | 59.355 | 70.19 | 156.5 | 1.1% |
| Otros (donación, transferencia) | 5.045 | 153.3 | - | 158.345 | 1.1% |
| NO APTO (Harina de Pescado) | 1974.242 | 2216.501 | - | 4190.743 | 28.8% |
| Total = | | | | 14614.7 | 100% |

Fuente: Reporte de Descarga de Pesca por especie [9]

Observando el Cuadro No 6 vemos que casi el 30% de la pesca descargada para consumo humano directo NO ES APTA, por lo que se descarta siendo destinada a la producción de harina y aceite de pescado. La legislación nos exige que estos descartes sean tratados como materia prima "residual", con la consiguiente pérdida de valor comercial comparado con los productos de consumo humano directo.

Calculamos lo que esta pérdida de la calidad representa en dinero considerando primero la situación actual y luego suponiendo que todo el producto que se destinó al consumo indirecto (es decir harina y aceite de pescado residual) se destina a conservas y congelado en forma proporcional, obtenemos lo siguiente:

Cuadro No. 7 – Utilización de Pescado descargado para consumo humano directo entre Enero y Abril 2009: Embarcaciones Pesqueras Propias.

| Producto | Total (Tm) | % | Utilidad neta por Tm | Utilidad Neta |
|--------------------|------------|--------|----------------------|-----------------|
| Conservas | 6258.057 | 42.8% | \$ 220.00 | \$ 1'376'772.54 |
| Congelado | 3851.055 | 26.4% | \$ 520.00 | \$ 2'002'548.60 |
| Fresco | 156.5 | 1.1% | \$ 610.00 | \$ 95'465.00 |
| Otros | 158.345 | 1.1% | - | - |
| NO APTO (*) | 4190.743 | 28.8% | \$ 150.00 | \$ 628'611.45 |
| | 14614.7 | 100.0% | | \$ 4'103,379.59 |

(*) Destinado a producción de harina de pescado

Se observa que en cuatro meses de pesca, la utilidad neta actual en promedio fue de más de USD 4'100,000 considerando la fabricación de harina de pescado con la pesca no apta.

Si esta pesca no apta se distribuyera proporcionalmente a la producción de conservas y congelado, la utilidad neta de estos cuatro meses sería casi USD 4'900,000, es decir aproximadamente USD 800,000 más.

2.2 Factores que influyen en la Pesca de baja calidad

2.2.1 Distancia a la zona de Pesca

El gran auge pesquero que se desarrolló en las décadas del '70, '80 y parte de los '90 se debió en gran medida a que las zonas

de pesca de mayor importancia se encontraban a poca distancia de la costa, y por tanto se alcanzaba con pocas horas de navegación; gracias a esto las Flotas y Plantas Pesqueras obtuvieron altos rendimientos.

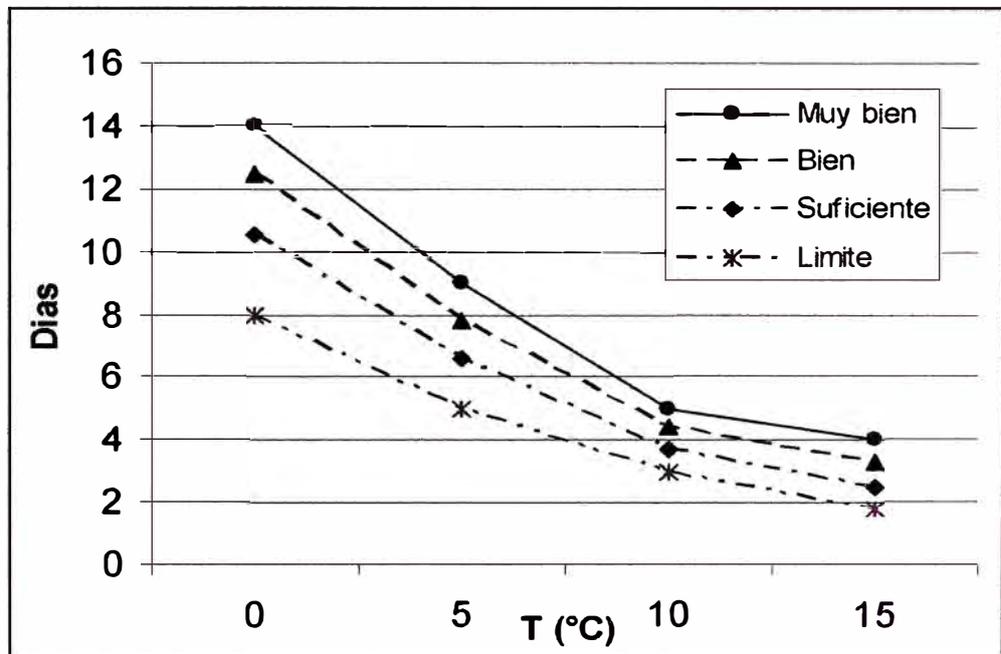
Desde el punto de vista de la materia prima, ésta era recibida en las Planta Productivas con un bajo grado de descomposición debido a que el tiempo transcurrido desde su captura y embarque hasta su ingreso a la línea de proceso era relativamente corto (3 a 6 horas).

Por el contrario hoy en día, las actuales zonas de pesca anulan todas las anteriores ventajas ya que estas se encuentran a una mayor distancia del puerto base, para la pesca de jurel y caballa variando principalmente en la zona centro y sur del litoral peruano entre las noventa a las ciento cuarenta millas.

Podemos deducir que al aumentar la distancia de las zonas de pesca, aumenta el tiempo de almacenamiento de la pesca en las bodegas y por tanto aumenta el nivel de descomposición de esta.

Esta condición afecta la calidad de la pesca incluso con bodegas refrigeradas, pues si bien la descomposición del pescado es menor cuando está congelado, dicha descomposición no se detiene, como se ve en el siguiente gráfico.

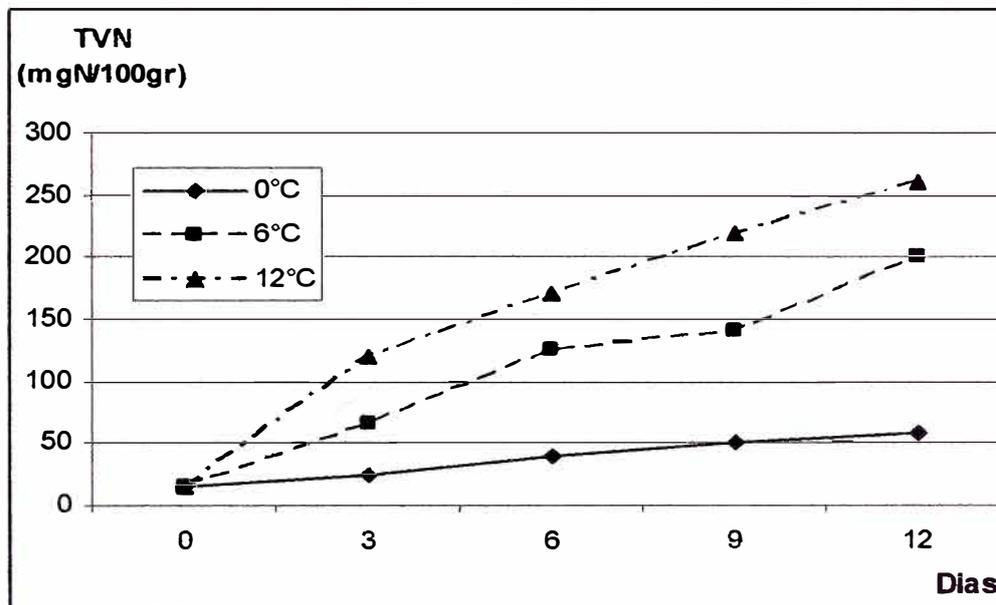
Figura No. 01. Tiempo de duración de la pesca en función de la temperatura de almacenamiento.



Fuente: Documento Técnico de Pesca 348 FAO. [4]

El grado de descomposición se puede expresar en términos de un análisis de bases nitrogenadas totales (TVN) presentes en el músculo del pescado. A mayor TVN, mayor es el estado de descomposición del pescado. Así vemos en la Figura No 02 que manteniendo la temperatura de bodegas en valores próximos a 0 °C la descomposición disminuye aunque no se detiene.

Figura No 02. Influencia del tiempo y la temperatura de almacenamiento sobre el TVN



Fuente: Documento Técnico de Pesca 348 FAO. [4]

Tan pronto como el pez muere, comienza su descomposición. Este es el resultado de una serie de complejas alteraciones que experimenta el pescado por acción de sus propias enzimas, de bacterias y de reacciones químicas. Vamos a explicar brevemente cómo estos factores afectan la calidad del pescado una vez capturado con objeto de poder aprovechar al máximo la refrigeración como medio para mantenerlas bajo control.

Actividad enzimática. Las enzimas del pez vivo que permanecen activas después de su muerte producen en el pescado una serie de alteraciones importantes. Estas reacciones enzimáticas intervienen, en particular, en los cambios de sabor que ocurren durante los primeros días de almacenamiento, antes

de que se haya manifestado claramente la putrefacción bacteriana.

Actividad Bacterial. En la mucosidad de la superficie, en las branquias y en los intestinos del pez vivo existen millones de bacterias, muchas de las cuales son agentes de putrefacción potenciales. Mientras está vivo, las bacterias no producen ningún daño, porque la resistencia natural del pez sano las mantiene a raya. Pero tan pronto como sobreviene la muerte, las bacterias comienzan a invadir los tejidos a través de las branquias, a lo largo de los vasos sanguíneos y directamente a través de la piel y de la membrana de la cavidad ventral produciendo al descomposición o putrefacción bacterial.

Actividad Química. Además de los cambios bacterianos y enzimáticos, las alteraciones químicas en las que intervienen el oxígeno del aire y la grasa de la carne de especies tales como el atún y la caballa pueden dar lugar a la aparición de olores y sabores a rancio, por la oxidación natural a la que están expuestos.

Ejemplo de cálculo de la velocidad de descomposición

En general, la putrefacción bacteriana se considera la principal causa que hace que el pescado no congelado y no esterilizado

se vuelva inaceptable para el consumidor. A medida que aumenta la flora de la putrefacción, el pescado se va deteriorando cada vez más.

Durante muchos años se consideró válida la regla general de que la proliferación bacteriana, y, por tanto, la velocidad de putrefacción se duplica con cada aumento de 5°C de la temperatura; esta regla puede utilizarse todavía como orientación general para hacer comparaciones. Por ejemplo, el pescado que tiene una duración en almacén de 14 días a 0°C se conservará sólo 7 días a 5°C. Sin embargo, estudios más minuciosos del efecto de la temperatura en la putrefacción han demostrado que la raíz cuadrada de la tasa de proliferación de los cultivos bacterianos es una función lineal de la temperatura en un margen significativo de valores, hasta los 15°C aproximadamente. Esta relación se expresa matemáticamente por medio de la siguiente ecuación:

$$P = b \times (T - T_c)^2$$

Donde

P: Velocidad de proliferación por unidad de tiempo

b: Pendiente de la línea de regresión

T: Temperatura absoluta a la que se mide la proliferación

T_c: Temperatura conceptual (k).

Matemáticamente, T_c es el valor T cuando $P = 0$.

Para efectos prácticos, se puede redefinir esta fórmula relacionando la velocidad de putrefacción con aquella que tendría a 0°C :

$$p = (0,1t + 1)^2$$

Donde

p : Velocidad de putrefacción en relación con el valor a 0°C

t : Temperatura de almacenamiento ($^\circ\text{C}$)

Con la ecuación anterior es posible calcular la velocidad de putrefacción a cualquier temperatura en relación con el valor a 0°C . Por ejemplo, la velocidad de putrefacción a 5°C será igual a:

$$p = [(0,1 \times 5) + 1]^2 = 2,25$$

Esto significa que el pescado mantenido a 5°C se descompondrá a un ritmo 2,25 veces mayor que el que se registra a 0°C o, expresado de otra manera, que un día de almacenamiento a 5°C equivale a 2,25 días de conservación a 0°C .

Utilizando la relación expresada en la ecuación anterior y efectuando los cálculos apropiados, es posible predecir la duración probable en bodegas del pescado que haya

permanecido algún tiempo a temperaturas superiores al valor ideal de 0°C.

En la realidad, el cuadro de las temperaturas a las que se somete el pescado será probablemente más complejo, y para obtener los tiempos de almacenamiento equivalentes se requerirán cálculos basados en intervalos de tiempo más cortos.

Concluimos entonces que el tiempo de almacenamiento de la pesca en bodegas, así como la temperatura de enfriamiento influye sobre el grado de descomposición de la pesca y por tanto sobre la calidad final al momento de descargar a Planta.

2.2.2 Operación de los Sistemas de Refrigeración de Bodegas

Por lo que se ha analizado, el Sistema de refrigeración de bodegas de una embarcación pesquera permite lograr una demora en el proceso de degradación (descomposición) del pescado al disminuir su temperatura de almacenamiento; con lo que aumenta:

- La posibilidad de alcanzar los parámetros de calidad requeridos para la elaboración de los productos ya mencionados.

- Permite por otro lado que la flota pesquera puede alejarse más del puerto base en busca de mejores zonas de pesca o mantenerse por más tiempo en la zona con el objeto de realizar más lances hasta completar la carga.

Se concluye que la refrigeración en las bodegas es hoy la principal solución para preservar la calidad de la materia prima, desde su captura hasta la llegada al puerto de descarga, donde será procesada con el principal objetivo de lograr productos con un mayor valor agregado. En la actualidad, dentro del sector pesquero, ya no se discute refrigerar o no refrigerar, ya que claramente la respuesta indica que es necesaria la refrigeración de la materia prima.

Como se sabe, refrigerar un producto no implica una sola solución o método, tampoco soluciones excluyentes una de otras; de hecho, reuniendo opiniones de diversos estudiosos y profesionales del sector pesquero concluimos que no hay un completo acuerdo o consenso sobre cual o qué sistema es el más adecuado para la preservación de la materia prima. Día a día se presentan diversos métodos para la preservación de la calidad de la pesca. Sin embargo, orientaremos el análisis al Sistema de Refrigeración de Bodegas por Agua de Mar (Sistema RSW) con el que cuentan todas las embarcaciones de la Organización que pescan para consumo humano directo.

Retomando el concepto, el Sistema RSW consiste básicamente en almacenar la captura en bodega con agua de mar refrigerada circulando a 0°C o menos, lo que permite enfriar grandes cantidades de capturas a granel, como es el caso de la pesca pelágica y por esta razón resulta especialmente indicado para los recursos como la caballa y jurel; y explica el interés casi exclusivo por el sistema en nuestro país.

De acuerdo a experiencias de otras pesquerías pelágicas, por ejemplo el arenque en Europa, y la sardina en México y el pilchard en Sudáfrica, el RSW es el sistema tradicional más indicado. Al contener una cierta cantidad de agua en las bodegas el pescado flota, con lo cual reduce las presiones que sufre cuando se carga en seco. Al encontrarse la pesca enfriada en el momento de la descarga, se reduce en forma sustancial el daño propio del proceso de descarga. El pescado llega a la Planta enfriado a una temperatura cercana a los 0°C, temperatura óptima para el proceso de producción de conservas y congelados, ya que a esta temperatura la actividad bacteriológica es reducida al mínimo.

La Operación

Se trata primero de refrigerar o pre-enfriar una cierta cantidad de agua de mar, para ello la embarcación, luego de zarpar del puerto rumbo a zona de pesca y una vez encontrándose en

aguas no contaminadas (aproximadamente fuera de las 12 millas de la costa o a 1 hora de navegación), se cargan las bodegas con agua de mar limpia hasta alcanzar entre un 25 a 30 % del volumen de bodega considerado para refrigerar.

Así el agua se hace re-circular desde las bodegas hasta pasar por el equipo de refrigeración (planta de frío), que ha sido calculado para proporcionar una capacidad de frío suficiente para producir un descenso de la temperatura del agua de entre los 0°C a -1.5°C.

Consideremos que la salinidad del mar peruano es aproximadamente 3.5%, por tanto el punto de congelación del agua de mar es -1.9°C, así la temperatura más baja que debería alcanzar el agua de mar en el sistema es -1.5°C. Esta temperatura especificada se debe conseguir antes de llegar a la zona de pesca y capturar pescado.

Al cabo de 6 ó 7 horas el agua en bodegas ya debería encontrarse enfriada, por tanto la embarcación estaría lista para recibir pesca. En el primer lance, se selecciona la bodega que será la primera en cargar y se asegura que tenga por lo menos un 25% de su capacidad con agua enfriada a 0°C. Así el pescado cae en el agua enfriada de la bodega, consiguiendo una proporción o mezcla de aproximadamente de un 75% de pescado y un 25% de agua, es decir una relación de 3 a 1. Así al

vaciar la captura en el agua fría, desciende la temperatura del pescado, pero como es obvio por otro lado aumenta la temperatura del agua por lo que muy pronto se establece un equilibrio entre ambas componentes.

Por tal motivo el agua refrigerada debe continuar circulando a objeto de estar en contacto continuo con todo el pescado removiendo así el calor hasta alcanzar una temperatura cercana o menor a 0 °C., temperatura con la cual llega a puerto.

De este modo, al llegar la carga a la Planta se encuentra el pescado en condiciones que permita ser utilizado como materia prima de productos con un mayor valor agregado.

Este método puede dar resultados aceptables, sin embargo como vimos en el Capítulo 2.1, en la práctica los volúmenes de descartes son todavía altos, es decir que el sistema RSW y la metodología aplicada ha resuelto parcialmente el problema de descomposición, pero todavía hay trabajo por hacer.

2.2.3 Estudio de la transferencia de calor en bodegas en la operación tradicional del Sistema RSW.

Para el cálculo de los requerimientos de refrigeración de bodegas deberían considerarse diversas condiciones sobre todo

comerciales, sin embargo para simplificar la estimación se pueden usar el siguiente método de cálculo, los cuales tienen un alto grado de confianza para la etapa de diseño, para luego ir afinando el cálculo de acuerdo a dichos requerimientos comerciales.

Para el cálculo en general deberían considerarse tres condiciones usuales durante la faena de pesca: a) la etapa de pre-enfriamiento, cuando el agua en bodegas debe enfriarse antes de recibir el pescado, b) la etapa de llenado, cuando se reduce la temperatura del pescado y c) la etapa de almacenamiento, cuando se debe mantener una temperatura adecuada a la mezcla agua-pescado. Los requerimientos de refrigeración durante la segunda etapa usualmente son mayores que en la etapa de pre-enfriado y almacenamiento, por tanto el cálculo del sistema de enfriamiento debería basarse en esta condición.

Para el cálculo final deberían darse ajustes debido a la capacidad instalada de los equipos de potencia (motor diesel o motor eléctrico), así como limitaciones de espacio, costo y por supuesto cantidad de pesca a enfriar en las mejores condiciones.

Para efectos de este informe se estudiará el enfriamiento de la pesca en condiciones normales de operación.

Para el cálculo del requerimiento de refrigeración para enfriar el pescado se puede emplear la siguiente fórmula:

$$H = (M_p \times C_p) \times (t_i - t_f) \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

H: Calor a ser extraído durante la refrigeración (kcal)

M_p: masa del pescado (kg)

C_p: Calor específico del pescado (kcal/kg°C)

t_i: Temperatura inicial del pescado (°C)

t_f: Temperatura final del pescado (°C)

Asimismo, para estimar el equilibrio térmico entre el agua refrigerada y el pescado que ingresa a bodegas, se considera que la bodega de la embarcación está insulado con poliestireno expandido, lo cual junto con el acero del casco, en los costados fondo y cubierta, así como el recubrimiento funciona como una pared adiabática con una ganancia de calor desde el exterior despreciable (menos de 1% de la capacidad del sistema de enfriamiento), por lo que el calor entregado por el pescado es muy próximo al calor total recibido por el agua en el momento de la mezcla, es decir:

$$H (\text{pescado}) - H (\text{agua}) \sim 0$$

$$M_p \times C_p \times (t_{ip} - t_f) - M_a \times C_a \times (t_{ia} - t_f) \sim 0 \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

M_p : masa del pescado (kg)

C_p : Calor específico del pescado (kcal/kg°C)

t_{ip} : Temperatura inicial del pescado (°C)

M_a : masa del agua (kg)

C_a : Calor específico del agua (kcal/kg°C)

t_{ia} : Temperatura inicial del agua (°C)

t_f : Temperatura final de equilibrio agua-pescado (°C)

En el Anexo "A" se realiza el cálculo del comportamiento de la temperatura en la bodega de pescado considerando una situación habitual de pesca enfriada a -1.5°C con los procedimientos tradicionales. Ahí podemos observar que si bien el tiempo de enfriamiento es relativamente rápido (aproximadamente) no garantiza una calidad adecuada del producto final, cuyo resultado final está expresado en el Cuadro No. 6, en lo referente al nivel de descartes.

2.2.4 Rigor Mortis en la pesca para consumo humano directo

En la revisión del Anexo "A" observamos que con el método de enfriamiento tradicional, el enfriamiento de 100 toneladas métricas de pesca puede tardar más de 4 horas.

Los primeros cambios sensoriales del pescado durante el almacenamiento están relacionados con la apariencia y la textura. El sabor característico de las especies normalmente se desarrolla durante los dos primeros días de almacenamiento.

El cambio sensorial más dramático es el ataque de la rigidez cadavérica o "rigor mortis". Inmediatamente después de la muerte el músculo del pescado está totalmente relajado, la textura flexible y elástica generalmente persiste durante algunas horas y posteriormente el músculo se contrae. Cuando se torna duro y rígido, todo el cuerpo se vuelve inflexible y se dice que el pescado está en rigor mortis. Esta condición generalmente se mantiene durante uno o más días y luego se resuelve el rigor. La resolución del rigor mortis hace que el músculo se relaje nuevamente y recupere la flexibilidad, pero no la elasticidad previa al rigor. La proporción entre el comienzo y la resolución del rigor varía según la especie y es afectada por la temperatura, la manipulación, el tamaño y las condiciones físicas del pescado.

El significado tecnológico del rigor mortis es de mayor importancia cuando el pescado es fileteado antes o durante el rigor. Durante el rigor el cuerpo del pescado está completamente rígido; el rendimiento del fileteado resulta muy bajo y una manipulación tosca puede causar el desgarramiento de los filetes. Si los filetes son removidos del hueso antes del rigor, el músculo puede contraerse libremente y se encogerá al comenzar

el rigor. El músculo oscuro puede encogerse hasta un 52 por ciento y el músculo blanco hasta un 15 por ciento de su longitud original. Si el pescado es cocido antes del rigor, la textura será muy suave y pastosa. Por el contrario, la textura es dura pero no seca cuando el pescado es cocido durante el rigor. Posterior al rigor la carne se toma firme, succulenta y elástica.

De hecho, la principal razón del volumen de descarte de pescado se encuentra en que durante la descarga el pescado se encuentra en la etapa post rigor mortis, por lo que el manipuleo de la descarga (manual o mecánica) destruye la piel y músculos de la pesca y lo vuelve inapto para la producción de conservas.

Por lo tanto la calidad de la pesca no está determinada solamente por la temperatura de almacenamiento o la que llega a puerto, sino en la etapa pre-rigor, rigor o post-rigor mortis en la que se encuentre la pesca en el momento de la descarga o al inicio del procesamiento.

Así, cuando tenemos un pescado que fue congelado antes de alcanzar el rigor mortis pueden obtenerse buenos productos si se descongelan cuidadosamente a baja temperatura. De esta forma, se da tiempo para que pase el rigor mortis mientras el músculo continúa congelado. Pero si se congela pescado después del rigor mortis, el músculo del pescado se volverá flácido y de aspecto pastoso.

Asimismo se ha demostrado [3] que el inicio del rigor mortis depende de la diferencia entre la temperatura de la pesca y la temperatura de almacenamiento. Cuando esta diferencia es grande, el rigor se inicia a menor tiempo.

De esto resulta evidente que el cambio brusco en la temperatura del pescado desde el momento que es envasado es fundamental para garantizar un rigor mortis más prolongado. El pescado muere al caer en bodegas, el músculo está relajado (no exhausto) y puede mantenerse en rigor mortis más tiempo.

En el Anexo "A" observamos que si 100 toneladas de pescado caen en 40 toneladas de agua enfriada a -1.5°C pero la temperatura de equilibrio inmediata es de 13°C , a la cual el pescado todavía puede vivir; luego de eso pasan al menos 4 horas para que la mezcla agua – pescado termine de enfriarse, para entonces nos encontraremos con un pescado que ha muerto exhausto, y por tanto con el músculo flácido. El rigor mortis terminará en poco tiempo y la pesca, si bien podría ser usada para la elaboración de conservas, pierde sus características organolépticas óptimas y el producto final resultaría de mala calidad comercial. Esto, si es que el producto no queda deteriorado desde la descarga, en cuyo caso sería destinado a la producción de harina residual.

Entonces, la importancia de enfriar la pesca en bodegas se ve complementada con la necesidad de enfriarla rápido.

2.2.5 Otros Factores

Limpieza de Bodegas

Como se comentó en el capítulo 1.5, la limpieza de las bodegas y de los componentes del sistema que está en contacto directo con el pescado cobra importancia vital al momento de diseñar y operar un sistema de preservación.

Las bacterias presentes en la parte superficial de la piel del pescado, así como en las agallas y en los intestinos son la causa más importante del deterioro de los productos del mar.

Cuando el pescado muere las bacterias y las enzimas invaden la carne a través de las agallas, directamente por los vasos sanguíneos y las paredes de la cavidad estomacal. En la carne, las bacterias crecen y se multiplican produciendo componentes los cuales son responsables del mal olor, mal sabor, y degradación del pescado.

Se sabe que en la descomposición del pescado se debe fundamentalmente a la acción bacteriana y enzimática capaz de originar un compuesto volátil. Es así que hay notables diferencias

en el curso de la alteración microbiana entre las distintas especies de pescado debido a su composición química y también a la carga bacteriana inicial. Durante este proceso de alteración microbiana se forman por descarboxilación de los aminoácidos y de las bases orgánicas aminas volátiles y no volátiles. Es así que la determinación de bases volátiles entre las que se cuentan el amoníaco, la mono, di y trimetilina, la histamina etc., se hace en función del contenido en Nitrógeno Básico Total o TVN (Nitrógeno Total Volátil), índice que se considera representativo del grado de frescura del pescado, por lo que a mayor valor de TVN mayor será el grado de descomposición. Es así que para lograr obtener los productos de alta calidad se necesita una materia prima que su valor de TVN no exceda a los 35 miligramos por 100 gr. de muestra.

Asimismo, como se vio en el Capítulo 2.2.1, el proceso de degradación bacteriológica se retarda cuando reducimos la temperatura, pero no se detiene completamente. De hecho, la descomposición será más rápida en lugares donde ya existe carga bacteriana, aunque estén bajo refrigeración.

Entonces almacenar pesca en bodegas que no hayan sido previamente limpiadas y desinfectadas sólo contribuirá a acelerar el proceso de descomposición del mismo. Las bodegas de una embarcación pesquera típica tienen en su mayoría zonas de difícil acceso para efectos de limpieza, es ahí donde se

encuentran más frecuentemente restos de pescado putrefacto. Estos restos contaminarán la pesca fresca acelerando la descomposición.

La limpieza con agua de mar no es suficiente. El agua de mar que se utiliza para la limpieza es necesariamente tomada de la bahía, con lo que el riesgo de contaminación con agentes físicos y microbiológicos adversos es mayor. El agua de la bahía trae importantes componentes de sólidos, grasas, hidrocarburos, y contaminantes físicos que ingresarían a las bodegas a través de las mangueras de limpieza.

Se está haciendo una práctica común en el sector pesquero de consumo directo sanitizar las bodegas aplicando una carga de hipoclorito de sodio al 5%, esta concentración ayuda a combatir la carga bacteriana de la superficie de bodegas, pero es una alternativa que depende de la efectividad de la limpieza previa.

Además, la atención en este aspecto la tiene la bodega misma, sin embargo poco o nada se considera la limpieza de los ductos de circulación de agua de mar en el sistema RSW, y tampoco la limpieza y desinfección minuciosa del equipo absorbente, manguerón, desagües de cubierta y bodega. En inspecciones inopinadas se encuentra que en estos puntos hay restos de pescado que pueden permanecer ahí por meses.

Mantenimiento de Equipos

Los equipos necesitan mantenerse. El mantenimiento de los sistemas de enfriamiento de bodegas y sus componentes resulta de gran importancia. Una falla operacional que detenga la marcha de un equipo crítico puede echar a perder la pesca de toda una faena.

Es importante la ejecución a conciencia de una rutina de mantenimiento del sistema de refrigeración, para mantener la máxima eficiencia de operación. Muchos de estos mantenimientos pueden ser realizados después de descargar el pescado cuando hay poca demanda de refrigeración. Este mantenimiento debe incluir: purgas periódicas de los circuitos del sistema de refrigeración, limpieza de los condensadores, remoción del aceite de los recibidores, acumuladores, trampas de aceites y serpentinas, limpieza de filtros; chequeo y reemplazo de los ánodos de zinc en los condensadores, en las bodegas de pescado y en el sistema del agua de enfriamiento de los compresores y reemplazar las válvulas de expansión con daños o goteos. Los compresores deben ser revisados de acuerdo los manuales de los fabricantes. El motorista debe registrar en la Bitácora de Máquinas que el mantenimiento ha sido llevado a cabo, junto información acerca de las condiciones de cada uno de los componentes del sistema de refrigeración. Generalmente

el mantenimiento rutinario del sistema (limpieza, purga, recambio de filtros y otras actividades sencillas) no se reporta. Sólo se reporta cuando ha ocurrido una falla y el registro de la actividad de mantenimiento la realiza el contratista encargado. A este nivel el Ingeniero o supervisor de Mantenimiento sólo da conformidad del trabajo realizado y comunica dicha conformidad.

Los serpentines de los chiller son un factor limitante durante el enfriamiento de las bodegas y es importante que su eficiencia sea revisada en forma regular. Los escapes de aceite del compresor hacia dichos serpentines actúan como aislantes, reduciendo de esta manera la eficiencia de los mismos. Los serpentines deben estar libres de aceite para maximizar su efectividad en el intercambio de calor.

Las bodegas de la embarcación deben ser revisadas por posibles grietas después de cada descarga. Una grieta en el revestimiento permite que la salmuera y otros líquidos puedan filtrarse dentro del aislamiento, reduciendo su eficiencia. También estos líquidos pueden llegar nuevamente a las bodegas en estado de descomposición contaminando el pescado. Limpiando y manteniendo altos estándares de sanidad en las bodegas y en la embarcación ayudará a reducir los potenciales agentes contaminantes y los microorganismos causantes de la descomposición de los alimentos.

3.

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA

3.1 Método Alternativo para Mejorar la Calidad de la Pesca refrigerada.

Método de Golpes de Frío

Como se ha estudiado en el capítulo anterior, la importancia de obtener una buena pesca está directamente relacionada a la temperatura de almacenamiento, y a la velocidad de enfriamiento, ya que la descomposición del producto y las características físicas y organolépticas del producto resultan factores clave para reducir el volumen de descarte.

En este informe, se considera que la capacidad del sistema de enfriamiento es suficiente para mantener la pesca a -1.5°C , por tanto estudiaremos la alternativa para aumentar la capacidad de enfriamiento de la pesca, sin generar gastos con la implementación de nuevos equipos para el aumento en la capacidad del sistema RSW o modificación de las líneas de enfriamiento, sino aprovechando sólo los equipos disponibles y contando con experiencia suficiente sobre el comportamiento de la pesca.

La metodología presentada en el Anexo "B", a la que denominaremos "Enfriamiento por Golpes de Frío", permitirá enfriar la pesca en bodegas más rápidamente y mantener el rigor mortis por más tiempo.

El método de golpes de frío consiste en aplicar sobre la pesca a 20°C agua de mar enfriada a -1,5°C (golpe de frío), pero a diferencia del método tradicional, la aplicación de agua de mar se hace repetidas veces apenas se ha alcanzado el equilibrio térmico del golpe de frío anterior, es decir, aplicar varios golpes de frío hasta alcanzar en poco tiempo con una temperatura cercana a los 0°C. La fuente de agua de mar necesaria para los golpes de frío proviene de bancos o reservas de agua de mar pre-enfriada almacenada previamente en las bodegas de la embarcación que no han recibido pesca, de manera que se aplican repetido cambios de agua con el fin de disminuir la temperatura de la pesca en corto tiempo.

Como resultado de la aplicación del método, el pescado es enfriado a la temperatura de -1.5°C en 2 horas, lo cual asegura la muerte rápida del pescado y el mantenimiento del rigor mortis por más tiempo, ya que el pescado no muere exhausto.

El método no requiere de ningún equipamiento adicional, ningún instrumento de medición sofisticado, ni más energía de lo habitual, con excepción del pre-enfriamiento, ya que para obtener los bancos o reservas de agua de mar fría, debemos enfriar más del doble de agua de lo normal. Sin embargo, como lo comentamos en el capítulo 2.2.1, las

distancias a las zonas de pesca nos permiten holgura en los tiempos de pre-enfriamiento y no se hace imprescindible pre-enfriar agua en corto tiempo.

En algunos casos, puede requerirse de la instalación de termómetros adicionales. Pero esto sería útil si se desea estudiar a detalle el comportamiento de la pesca en bodegas, de otro modo, los equipos que cuenta la embarcación son suficientes para aplicar el método.

De hecho, el método sólo exige del operador del Sistema RSW se mantenga al tanto del comportamiento de la pesca en bodegas y realice cambios de agua en los tiempos previstos y de acuerdo a lo indicado en por los instructivos que describirán el método (Ver Anexo C). Por supuesto, es necesario capacitar al motorista sobre su aplicación y las ventajas de una mejor calidad en la pesca.

La condición básica para toda bodega con sistema de preservación, es que la relación final agua-pescado sea de 1 a 3, es decir una tonelada de agua por cada 3 toneladas de pescado como mínimo, en este ejercicio, consideramos la captura de 320 toneladas de pescado en dos calas de 100 toneladas cada una y la tercera de 120 toneladas, las cuales quedan en un banco de 120 toneladas de agua fría en total.

En el Anexo C, se ofrece una instrucción detallada textual y gráfica sobre la aplicación del método para el caso de una embarcación de 450 toneladas métricas de capacidad, con una configuración de 5 bodegas

dispuestas en 2 bodegas de babor con capacidad de 70 toneladas cada una, dos bodegas a estribor con capacidad de 70 toneladas cada una, y una bodega central con capacidad de 170 toneladas métricas. Esta embarcación tiene todas sus bodegas insuladas y la distribución de tuberías tanto para la recirculación de agua de mar como achique, permiten trasvasar agua de una bodega a otra en corto tiempo.

En resumen el método consiste en lo siguiente:

Primera etapa: pre-enfriamiento.

Se enfrían a 0° un total de 280 toneladas métricas de agua mar dispuesto como sigue: a) 60 toneladas en la bodega de popa-babor, b) 60 toneladas en la bodega de popa-estribor y c) 160 toneladas en la bodega central. Con el sistema operando a dos tercios de su capacidad (la capacidad del sistema es de extraer 600 000 kcal por hora), este enfriamiento de agua de mar se produce en 13 horas.

Históricamente se reconoce que la pesca de jurel y caballa para consumo directo se encuentra en muchos casos a más de 18 horas de puerto. Sin embargo si se requiere enfriar este volumen de agua en menos tiempo se puede aumentar la capacidad de operación del sistema RSW al 100% con lo que el tiempo de enfriamiento se puede reducir a 9 horas.

Segunda Etapa: captura de 100 toneladas de pescado en bodegas de popa.

La primera captura de pescado en una faena es un factor variable en todo sentido. Sin embargo históricamente se reconoce que la primera cala es de 80 hasta 150 toneladas. En este caso se considera una pesca de 100 toneladas con lo que se completarían las bodegas de popa. La elección de las bodegas de popa obedece a razones de estabilidad de la embarcación.

Se trasvasan 40 toneladas de agua de mar desde las bodegas de popa hacia las de proa, y se embarcan 50 toneladas de pesca en cada bodega de popa. Como resultado tenemos 50 toneladas de pesca y 20 toneladas de agua de mar en cada bodega de popa (primer golpe de frío en las bodegas de popa), cuyo equilibrio térmico se logra a 13,4°C aproximadamente.

Se achican las bodegas de popa desechando 20 toneladas de sanguaza al mar en cada bodega, se trasvasan 20 toneladas de agua de mar a -1.5°C de cada bodega de proa a su respectiva bodega de popa. Como resultado tenemos 50 toneladas de pesca y 20 toneladas de agua de mar en cada bodega de popa (segundo golpe de frío en las bodegas de popa), cuyo equilibrio térmico se logra a 8.8°C aproximadamente.

Se achican las bodegas de popa desechando 20 toneladas de sanguaza al mar en cada bodega, se trasvasan 20 toneladas de agua de mar a -

1.5°C de la bodega central a cada bodega de popa. Como resultado tenemos 50 toneladas de pesca y 20 toneladas de agua de mar en cada bodega de popa (tercer golpe de frío en las bodegas de popa), cuyo equilibrio térmico se logra a 5.6°C aproximadamente.

En esta condición se recircula agua de mar por el Sistema RSW de las bodegas de popa hasta alcanzar la temperatura deseada de -1.5°C, lo cual se logra en 2 horas con dos tercios de la capacidad del sistema.

Las bodegas de proa han quedado con 20 toneladas métricas de agua de mar cada una, y la bodega central a quedado con 120 toneladas de agua a -1.5°C, en preparación para la siguiente cala.

Tercera Etapa: Captura de 100 toneladas de pescado en bodegas de proa.

Del mismo modo que en la segunda etapa, se asume que la embarcación captura otras 100 toneladas de pesca en las bodegas, las cuales serán embarcadas en las dos bodegas de proa. En este caso, la elección de las bodegas también obedece a razones de estabilidad de la embarcación.

La pesca, cincuenta toneladas de pescado en cada bodega, cae directamente sobre un banco de 20 toneladas de agua (primer golpe de frío en las bodegas de proa). Como resultado tenemos 50 toneladas de

pesca y 20 toneladas de agua de mar en cada bodega de proa, cuyo equilibrio térmico se logra a $13,4^{\circ}\text{C}$ aproximadamente.

Se achican las bodegas de proa desechando 20 toneladas de sanguaza al mar en cada bodega, se trasvasan 20 toneladas de agua de mar a $-1,5^{\circ}\text{C}$ de la bodega central a cada bodega de proa. Como resultado tenemos 50 toneladas de pesca y 20 toneladas de agua de mar en cada bodega de proa (segundo golpe de frío en las bodegas de proa), cuyo equilibrio térmico se logra a $8,8^{\circ}\text{C}$ aproximadamente.

Se achican las bodegas de proa desechando 20 toneladas de sanguaza al mar en cada bodega, se trasvasan 20 toneladas de agua de mar a $-1,5^{\circ}\text{C}$ de la bodega central a cada bodega de proa. Como resultado tenemos 50 toneladas de pesca y 20 toneladas de agua de mar en cada bodega de popa (tercer golpe de frío en las bodegas de popa), cuyo equilibrio térmico se logra a $5,6^{\circ}\text{C}$ aproximadamente.

En esta condición se recircula agua de mar por el Sistema RSW de las bodegas de proa hasta alcanzar la temperatura deseada de $-1,5^{\circ}\text{C}$, lo cual se logra en 2 horas con dos tercios de la capacidad del sistema.

En esta etapa, tenemos en total 200 toneladas de pesca en las bodegas de proa y popa y en la bodega central ha quedado con 40 toneladas métricas de agua de mar a $-1,5^{\circ}\text{C}$, en preparación para la siguiente cala. Aunque la Organización puede decidir seguir en la captura o retornar a

Puerto, pues depende de la disponibilidad de pesca en la zona y la cantidad capturada ya cubrió largamente los costos operativos.

Cuarta Etapa: Captura de 120 toneladas de pescado en la bodega central.

La bodega central ha recibido 120 toneladas de pesca en agua de mar enfriada a -1.5°C (único golpe de frío en la bodega central), con lo cual el equilibrio térmico se alcanza a 14°C aproximadamente. En esta etapa se requiere que la capacidad total del sistema RSW se aplique sobre esta bodega a fin de enfriar la pesca a -1.5°C lo más pronto posible. Esta condición se logra en 3 horas y 20 minutos aproximadamente.

Alcanzada esta condición, se configura el sistema RSW para que mantenga la carga a -1.5°C permanentemente hasta llegar a puerto.

Con la aplicación de este método se ha logrado el rigor mortis en corto tiempo y si la pesca se mantiene a -1.5°C se puede prolongar dicho estado de rigor por muchas horas, lo cual permite llegar a puerto y descargar un pescado tieso. La operación de descarga se facilita, y la calidad de la pesca recibida en Planta es superior.

4.

COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MÉTODO

4.1 Diseño e implementación del Método.

La descripción del método se encuentra ilustrado en este informe. Por tanto su diseño ya ha sido cubierto para las embarcaciones pesqueras cuya capacidad de bodega es de 450 toneladas métricas y su distribución sea de 5 bodegas, de las cuales cuatro son de 70 toneladas y una (central) es de 170 toneladas. Asimismo se ha considerado que la temperatura del agua de mar y del pescado embarcado en el momento de su captura es de 20°C y que la temperatura a la cual es llevada la mezcla agua-pescado es de -1.5°C.

Para efectos de este estudio, se ha considerado que las bodegas están insuladas, y que la pérdida de calor por las paredes está suficientemente compensada por la capacidad del sistema RSW. Asimismo se considera que la circulación de agua de mar refrigerada desde el chiller hasta las bodegas es óptima y que los equipos del sistema de refrigeración se encuentran bien mantenidos y operativos.

Por lo tanto, para realizar el diseño en configuraciones diferentes, se deberá tomar en consideración las variables geométricas de las

bodegas, el estado del sistema RSW y las condiciones de la pesca en el momento de la captura. Aunque estos ajustes servirán para afinar el cálculo, la metodología de golpes de frío seguirá siendo una opción 100% aplicable y con resultados aceptables en todos los casos.

En resumen no se requiere equipamiento adicional (equipos, instrumentos, maquinarias, personal) para la implementación, por lo que el método no requiere de ningún costo real o potencial en esta etapa de diseño.

Sin embargo, de requerir algún estudio detallado sobre el comportamiento de la pesca en bodegas, la velocidad de transferencia de calor, la dirección del flujo de transferencia de calor, puede ser muy útil la instalación de termómetros en dos o tres niveles en cada bodega, con visor remoto y en un rango de operación de -5°C a 30°C y resolución de $0.5^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$.

Para la aplicación del método se requiere capacitación al operador. Esta capacitación puede, pero no tiene que ser especializada. El Operador o motorista debe comprender los principios básicos de transferencia de calor a manera de aplicar el método e interpretar los resultados. La capacitación puede ser suministrada por el ingeniero que diseñe el método para la aplicación en particular y puede ser planificada para que no interrumpan la actividad normal del Operador. No se requiere un ambiente especial, por lo que puede darse a bordo de la misma embarcación, y no se requieren materiales audiovisuales especiales. Si

la organización desea ahorrar tiempo en esta actividad, puede realizar la capacitación conjunta a todos los operadores en una sola sesión y luego visitas programadas a bordo para afinar detalles y resolver consultas de campo. Por tanto, la actividad de capacitación a esta etapa de diseño no representa un costo.

Costo de diseño e implementación: S/. 0.00

4.2 Mantenimiento del Método

Una vez implementado, el método debe mantenerse.

El mantenimiento del método abarca desde la operación misma hasta el seguimiento por parte del ingeniero encargado de la implementación.

La operación

La operación del sistema RSW a partir la implementación del método ha cambiado, debido a que se requiere uno o dos cambios del agua de mar entre las bodegas antes de la recirculación de agua de mar con el Sistema RSW. Sin embargo esto no representa un esfuerzo adicional pues estos cambios o trasvases de agua de mar son similares a los que se realizan habitualmente con el método de enfriamiento tradicional, con la diferencia que se realizan con más frecuencia en los primeros dos cambios.

Ya que las bombas de recirculación de trasvase y achique de bodegas se accionan eléctricamente, debemos entender que la capacidad de generación eléctrica de la embarcación está diseñada para cubrir este requerimiento, por lo cual su aplicación no implica un costo directo por concepto de energía.

Por otro lado el sistema de enfriamiento de bodegas RSW se exigirá inicialmente para el enfriamiento de mayor cantidad de agua de mar (sin pesca), debido a que el volumen de inicial de agua a enfriar previo a la pesca es 140% mayor al volumen con el método tradicional, lo cual implica ya no 5 horas sino 12 horas operando a dos tercios de su capacidad máxima. Sin embargo esto se compensa con el menor tiempo de enfriamiento del pescado una vez capturado, el cual se reduce de 12 horas con el método tradicional a 7 horas con el método de golpes de frío.

Cuadro No. 08. Estimación del costo extra por enfriamiento con el método de golpes de frío (*)

| | Tradicional | Golpes de frío |
|---|-------------|----------------|
| Tiempo total de enfriamiento (horas) | 17 -18 | 20 - 21 |
| Consumo de combustible del motor de RSW (gal/h) | 15 | 15 |
| Consumo total (gal) | 270 | 315 |
| Costo del combustible (S/. por galón) | 11.5 | 11.5 |
| Costo total (S/.) | 3105 | 3622.5 |
| Diferencia o costo extra (S/.) | | 517.5 |

(*) Nota: considerando tres capturas de 100 TM, 100TM y 120 TM.

Para el enfriamiento tradicional se requiere pre-enfriar un volumen de 25% a 30% de la capacidad total de bodegas, mientras que con el método de golpes de frío se requiere pre-enfriar hasta 60% de la capacidad de bodegas, esto tiene dos repercusiones importantes sobre el comportamiento de la embarcación: a) sobrecarga en el motor principal de propulsión y b) reducción de la velocidad por resistencia al avance debido a la mayor superficie sumergida.

Para el cálculo del costo de estos dos factores se requiere estudiar las curvas hidrodinámicas, curvas de operación del motor y hélice, rugosidad del casco y otros datos que no siempre están disponibles. Sin embargo para simplificar este cálculo estimaremos el consumo con base a la experiencia que se cuenta respecto al comportamiento de la nave con carga y sin carga:

Cuadro No. 09. Estimación del costo por consumo extra de combustible por sobre carga en la propulsión y resistencia al avance dependiendo de la carga en bodegas durante el pre-enfriamiento.

| | 150 TM (30%) | 300TM (60%) |
|---------------------------------------|--------------|-------------|
| Consumo de combustible (gal/h) | 52.9 | 53.8 |
| Tiempo de pre-enfriamiento (h) | 5 | 13 |
| Consumo total (gal) | 264.5 | 699.4 |
| Costo del combustible (S/. por galón) | 11.5 | 11.5 |
| Costo total (S/.) | 3042 | 8031 |
| Diferencia o costo extra (S/.) | | 5001 |

Por lo tanto el costo total por empleo se energía podemos aproximar al consumo de combustible extra empleado para aplicar el método, es decir:

Costo por consumo de combustible extra:

$$S/. 517.5 + S/.5001.0 = S/. 5518.5$$

Sin embargo en la práctica, la trazabilidad de estos costos se vuelve muy difícil pues dependerá de las condiciones reales de pesca, temperatura del agua de mar y del pescado, distancia real a la zona de pesca; estado del sistema de propulsión, rugosidad del casco, condiciones oceanográficas, etc., los cuales son factores variables que desvirtúan cualquier cálculo teórico.

Por otro lado, en promedio una embarcación pesquera, con las características descritas, en operación de captura para consumo humano directo puede consumir entre 4000 y 8000 galones de combustible, es decir el costo de total de combustible puede variar desde S/. 45 000 hasta S/. 90 000, para obtener la misma cantidad de pescado, por lo que el costo por consumo extra de combustible con el método de golpes de frío se ve diluido.

El personal que aplicará el método son los motoristas u operadores de la sala de máquinas. En embarcaciones mayores de 400 TRB esta responsabilidad se comparte en con un ingeniero de máquinas. En estos casos, la operación del sistema RSW viene a ser completamente similar

comparada con el método tradicional. El único esfuerzo adicional que se requiere es para el achique de sanguaza y el trasvase de agua de mar refrigerada de una bodega a otra. Estas actividades se desarrollan en paralelo a la operación del Sistema RSW y es posible gracias al manifold o múltiple de distribución de achique con que toda embarcación cuenta.

El achique de sanguaza de bodegas es una actividad común dentro del almacenamiento de la pesca, por lo cual esta actividad no requiere de mayor desarrollo, excepto que con el método de golpes de frío el achique es más frecuente en las dos o tres primeras oportunidades, luego de ello se aplica lo habitual.

Asimismo, no se requiere conocimientos o experiencias específicas en el personal para la aplicación del método. La capacitación brindada al inicio y el seguimiento de la actividad que será descrito más adelante, son suficientes para asegurar la aplicación del método.

Costo por mano de obra: S/. 0.00

Existen diferentes metodologías para realizar seguimiento al método. En cualquier caso el seguimiento se realiza mediante el estudio de registros.

Los registros a emplear deben proporcionar información clara de la operación del sistema, de las condiciones de captura, de la calidad del pescado en la descarga y de los productos finales que se obtienen de la

pesca. Esto permite conocer el grado de mejora del pescado luego de la aplicación del método. Asimismo permite realizar estadísticas sobre la mejora en el tiempo y posibles desviaciones antes de que ocurran.

Además los registros muestran evidencia de la aplicación del método y sirven para demostrar la eficacia y eficiencia de los resultados.

Si bien la aplicación de registros puede representar un costo, la metodología de golpes de frío no requiere la creación de formatos de registro adicionales, sólo la modificación de los existentes, en especial los formatos relacionados a la operación del sistema RSW y con detalle los relacionados a los cambios de agua.

Costo de registros: S/. 0.00

En conclusión, el método de golpes de frío puede ser absorbido por el trabajo habitual generando un costo adicional reducido en las operaciones, principalmente por consumo extra de combustible, cuyo valor real es difícil determinar, sólo se puede estimar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Sobre la Calidad del Producto.

- El método de golpes de frío está orientado al mejoramiento de la calidad de la pesca, mediante la aplicación de agua de mar refrigerada para el enfriamiento brusco del pescado en bodegas.
- Este método brinda al operador la seguridad de una pesca en óptimas condiciones, no sólo desde el punto de vista operacional, sino desde el campo organoléptico, ya que la pesca enfriada bruscamente tiene mejores características que la pesca enfriada en forma pausada.
- El método permite el enfriamiento de la pesca en la mitad del tiempo habitual que se requiere tradicionalmente, lo que prolonga el periodo de rigor mortis del pescado y eleva la oportunidad de aprovechamiento de la carne del pescado.
- Este método no requiere un desarrollo e implementación especial, ni un estudio científico detallado, no requiere de equipos, maquinaria ni

personal especializado y por tanto no representa un costo adicional para su implementación.

- Los resultados de la aplicación del método son inmediatos, es decir se pueden ver mejoras desde la primera vez que se aplique. Por supuesto requiere de un periodo de adiestramiento y seguimiento exhaustivo hasta que el personal se habitúe a las exigencias del método, pero incluso si es mal aplicado, el resultado no puede ser inferior que el obtenido usando el método tradicional de enfriamiento.
- En el cuadro siguiente se estima un 50% de reducción de descartes respecto a la situación inicial descrita en el Cuadro No. 6 del Capítulo 3.1. La pesca en óptimas condiciones se destina para la producción de conservas, congelados y frescos en forma proporcional.

Cuadro No. 10 – Estimación de la Calidad de Descarga de Pescado para consumo humano directo en cuatro meses con la aplicación del método de golpes de frío. Embarcaciones Pesqueras Propias, en toneladas.

| Destino | Jurel | Caballa | Bonito | Total = | Porcentaje |
|------------------------------------|----------------|----------------|---------|------------------|-------------|
| Conservas | 3600.000 | 4250.000 | - | 7750.000 | 53.2% |
| Congelado | 1550.000 | 2750.000 | 260.000 | 4410.000 | 30.2% |
| Fresco | 32.000 | 70.000 | 70.000 | 180.000 | 1.2% |
| Otros (donación, transferencia) | 6.000 | 180.000 | - | 190.000 | 1.3% |
| NO APTO (Harina de Pescado) | 950.000 | 110.000 | - | 2050.000 | 14.1% |
| Total = | | | | 14580.000 | 100% |

B. Mejoras para la Organización.

- El producto obtenido debería ser de mejor calidad física y organoléptica, lo cual incrementará la posibilidad de destinar la materia prima hacia la fabricación de congelados y conservas de pescado, reduciendo el nivel de descartes, rentabilizando la operación.
- Permite asimismo optimizar la pesca para el máximo aprovechamiento de la materia prima y la producción de productos de alta calidad que repercuten sobre el mercado posicionando la marca.
- En el Cuadro No. 11 se observa el incremento en la rentabilidad comparado con la situación descrita en el Cuadro No. 7 del Capítulo 3.1. En este cuadro se observa un incremento de USD 300.000 en la rentabilidad de la pesca correspondiente a cuatro meses de operación, respecto a lo obtenido con el método tradicional que observamos en el Capítulo 3.1. En la conclusión anterior, damos por hecho que la calidad de la pesca siempre va a mejorar con la aplicación del método de golpes de frío, por lo que incluso una aplicación sobria debería redundar en una mejora sensible.

Cuadro No. 11 – Estimación de la Utilización de Pescado descargado para consumo humano directo en cuatro meses. Embarcaciones Pesqueras Propias.

| Producto | Total (Tm) | % | Utilidad neta por Tm | Utilidad Neta |
|--------------------|------------------|-------------|----------------------|------------------------|
| Conservas | 7750.000 | 53.2% | \$ 220.00 | \$ 1,705,000.00 |
| Congelado | 4410.000 | 30.2% | \$ 520.00 | \$ 2,293,200.00 |
| Fresco | 180.000 | 1.2% | \$ 610.00 | \$ 109,800.00 |
| Otros | 190.000 | 1.3% | - | |
| NO APTO (*) | 2050.000 | 14.1% | \$ 150.00 | \$ 307,500.00 |
| | 14580.000 | 100% | | \$ 4,415,500.00 |

- El producto obtenido de la pesca con la aplicación del método tiene mayor valor proteínico pues las pérdidas de grasas y proteínas en un pescado en rigor mortis es menor que un pescado flácido.
- El impacto ambiental del método en el medio marino es menor, debido a que los efluentes de las bodegas, que se extraen como sanguaza de pescado, tienen menor contenido de grasa y sólidos, lo cual se percibe con una menor demanda bioquímica de oxígeno en la zona de pesca y por tanto contribuye con la preservación de los caladeros como fuente natural de recursos hidrobiológicos.

C. Mejoras para las Operaciones.

- La metodología promueve la estandarización de procedimientos operativos. Estos procedimientos son únicos, estándares y sólo variarán para la geometría particular de cada embarcación, aunque es claro que para embarcaciones similares, cuya geometría sea similar, la aplicación del método se puede unificar.
- Si bien las condiciones de pesca y del agua de mar pueden afectar la eficiencia y eficacia del método, los resultados siempre serán positivos gracias al enfriamiento brusco de la pesca.
- Los factores externos que pueden afectar la eficacia del método, entonces se reducen a factores extrínsecos que afectan la eficacia de las operaciones de la embarcación en general. Estos factores extrínsecos deben ser tratados independientemente a fin de garantizar una operación adecuada del sistema:
 - Ausencia de pesca,
 - Fallas por mantenimiento,
 - Limpieza de bodegas inadecuada
 - Distancias extremadamente cortas o excesivamente largas a la zona de pesca
 - Tiempo de espera para la descarga en puerto
 - Descarga inadecuada, etc.

D. Recomendaciones.

Sobre la implementación del Método.

- El método no requiere mayor cuidado para su diseño e implementación. Los cálculos son estimaciones próximas a las condiciones reales que pueden ayudar a comprender el comportamiento de la pesca en bodegas. Estas estimaciones proporcionan información para pronosticar el resultado de la pesca en condiciones normales de operación. Por tanto los resultados óptimos dependen de la aplicación correcta del método y de las condiciones reales de operación.

- Aun así es factible afirmar que aun con una mala aplicación del método, el peor resultado esperado no es inferior al obtenido con el método de enfriamiento de bodegas tradicional. Los ajustes a aplicar entonces contribuyen en todos los casos a mejorar la eficiencia del método.

- Para el cálculo se debe tener en cuenta:
 - Dimensiones reales de las bodegas y configuración de las mismas.
 - Capacidad del Sistema RSW.
 - Configuración de los sistemas de recirculación de agua de mar.
 - Materiales, geometría y condiciones del insulado de bodegas.

- Configuración de los sistemas de trasvase y achique de agua en bodegas.
 - Temperatura del agua de mar según la época del año.
 - Temperatura del pescado según la época del año.
 - Distancia real a la zona de pesca.
 - Volúmenes de pesca reales por cala de acuerdo a la pesca histórica.
 - Disponibilidad de procedimientos y registros para las operaciones y la descarga.
- Además, el éxito del método está amparado por el grado de interés y convencimiento de los operadores y supervisores. Este grado de interés se puede promover mediante la participación, apoyo y respaldo de la Gerencia y jefaturas comprometidas.

Sobre el Mantenimiento del Método

- Una vez diseñado el método para su aplicación en una embarcación o grupo de embarcaciones específico, el mantenimiento del método sólo requiere del seguimiento a los registros disponibles y a la oportunidad de detectar y corregir desviaciones o problemas durante el desarrollo del método.
- El mantenimiento del método no requiere de personal especializado desgaste de tiempo excesivo. Sin embargo el tiempo que se le

dedique debe ser suficiente para demostrar objetivamente los resultados obtenidos.

- El seguimiento como tal debería realizarse en forma diaria durante el primer mes de operación, para detectar en forma oportuna las desviaciones, corregirlas eficientemente, así como resolver las dudas y consultas que se presenten en los operadores por la aplicación del método.
- El seguimiento se realizaría en forma semanal a partir del segundo mes y durante los siguientes 3 meses de operación, pues de esta forma se observará la conducta de la pesca en los cambios de estación y por tanto los cambios en la calidad de la pesca en dichos periodos. Al término del cuarto mes de seguimiento semanal también se podría observar los cambios en las condiciones comerciales del producto y así sustentar su aplicación.
- El seguimiento puede ser mensual a partir del quinto o sexto mes y se espera que al final del primer año, los indicadores del desempeño del método se hayan institucionalizado y sean parte de la cultura organizacional de la empresa en lo que respecta a la pesca.
- A parte del seguimiento, no hay equipos, sistemas ni personal que deba recibir alguna atención especial.

Capacitación

- La capacitación al personal es una pieza fundamental dentro del esquema de la implementación y mantenimiento del método de enfriamiento por golpes de frío. Sin embargo no se requiere una capacitación especializada. La Instrucción para la preparación de bodegas mostrada en el Anexo "C" grafica en forma didáctica la aplicación del método, por tanto la capacitación se enfocaría en la difusión de la Instrucción.
- En la difusión debe participar además del Motorista, el Jefe de Bahía, Jefe de Flota, Ingenieros de Mantenimiento y por supuesto debe estar liderada por el Supervisor o la persona que tiene encargada la aplicación del método, a fin de mostrar respaldo por parte de las jefaturas y promover su aplicación.
- En la práctica, por las propias condiciones de la pesca, es posible que el método deba ser ajustado. Es importante que en la capacitación o difusión quede claro que la participación del motorista para el éxito de la implementación y mejoramiento del método es fundamental.

Auditorías

- La auditoría es una herramienta de gestión que permite conocer el grado de implementación, aplicación y cumplimiento de un método, mecanismo o sistema de gestión en marcha.

- Las auditorías pueden ser externas o internas.
 - En el caso de auditorías externas, se trata de una entidad externa a la organización la que realiza la auditoría, su juicio está basado en estándares aceptados por la organización y su informe generalmente está dirigido a la alta gerencia.

 - Las auditorías internas son desarrolladas por auditores de la propia organización, su juicio está basado en los procedimientos internos y en estándares aceptados por la organización. Su informe generalmente está dirigido al dueño del proceso.

- En ambos casos, se considera que la evaluación del auditor debe ser objetiva, imparcial y orientada a los objetivos de la auditoría, a fin de asegurar objetividad en los resultados.

- En este sentido un mecanismo para hacer seguimiento de la aplicación del método es la auditoría. Esta se puede programar o realizar en forma inopinada, y cualquiera sea el caso, debe basarse

en evidencia real. Podría aplicarse a partir del primer año de operación y debería planificarse para que se realice una vez al año.

- La preparación del auditor es especializada, por lo que esta alternativa se considera viable si la organización ya tiene uno o varios auditores formados, o considera que el valor agregado de la auditoría justifica su aplicación.
- En muchos casos, es recomendable la aplicación de auditorías pues así se asegura que los resultados presentados por la aplicación del método de golpes de frío son confiables y basados en datos verificados e imparciales.
- Finalmente, es necesario afirmar que la aplicación del método esta sujeta a la comprensión de los principios básicos de transferencia de calor. Si se requiere un estudio más detallado del método, se puede aplicar modelos matemáticos más precisos y condiciones múltiples, como el ingreso de calor a través de las paredes de las bodegas, la pérdida de calor por las escotillas, la recirculación del agua de mar refrigerada, etc. De ser así, los resultados pueden variar, aunque esperamos que esta variación no sea significativa. Finalmente la decisión de destinar la pesca hacia congelados, conservas o harina de pescado recae en el juicio organoléptico del personal inspector en Planta. Por lo cual cualquier mejora sensible en las condiciones respecto al método de enfriamiento tradicional, repercutirá en una mejora en la pesca a nivel global.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Organización Internacional de Normalización (ISO).
Norma Internacional ISO 9001:2008 Sistemas de Gestión de la Calidad -
Requisitos.
Comité Técnico ISO /TC176 Gestión y Aseguramiento de la Calidad
Cuarta Edición. 2008
- [2] Ministerio de Pesquería.
Decreto Supremo N° 040-2001-PE - Norma sanitaria actividades pesqueras.
Ministerio de Pesquería.
Vigencia: 01/01/2002
- [3] FAO Documento Técnico De Pesca 348
El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Editado por: H.H. Huss
1999
- [4] FAO Documento Técnico De Pesca 331
El Hielo en las Pesquerías
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Editado por: J. Graham, W.A. Johnston y F.J. Nicholson
1993
- [5] Portal del Ministerio de la Producción.
Información Sectorial del Vice Ministerio de Pesquería
<http://www.produce.gob.pe/portal/portal/apsportalproduce/pesqueria?ARE=3>
2009
- [6] Portal del Ministerio de la Producción
Desembarque de Recursos Hidrobiológicos Marítimos por tipo de utilización
según especie.
Oficina General de Tecnología de la Información y Estadística
[http://www.produce.gob.pe/portal/portal/apsportalproduce/internapesqueria?
ARE=3&JER=443](http://www.produce.gob.pe/portal/portal/apsportalproduce/internapesqueria?ARE=3&JER=443)
2009
- [7] Portal del Ministerio de la Producción
Directorio de Embarcaciones Pesqueras - Vice Ministerio de Pesquería.
[http://www.produce.gob.pe/portal/portal/apsportalproduce/internapesqueria?
ARE=3&JER=233&JERR=952](http://www.produce.gob.pe/portal/portal/apsportalproduce/internapesqueria?ARE=3&JER=233&JERR=952)
2009

- [8] Portal del Instituto del Mar Peruano
Reportes de las principales pesquerías
http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I013102000000000000000000
2009
- [9] Austral Group S.A.A.
Reporte de Descarga de Pesca por Especie Planta Coishco
Oficinal de Producción de Conservas
Enero-Abril 2009
- [10] Gordon Van Wylen, Richard Sonntag
Fundamentos de Termodinámica
Editorial LIMUSA S.A., Noriega Editores
México - 1997

ANEXO A

ESTUDIO DEL EQUILIBRIO TÉRMICO POR APLICACIÓN DEL MÉTODO TRADICIONAL DE ENFRIAMIENTO DE BODEGAS.

Fórmulas usadas.

Temperatura de Equilibrio

$$M_a \times C_a \times (t_{ia} - t_f) - M_p \times C_p \times (t_{ip} - t_f) = 0$$

Donde:

M_a : Masa del agua de mar (kg)

C_a : Calor específico del agua (kcal/kg°C)

T_{ia} : temperatura inicial del agua (°C)

M_p : Masa de pescado (kg)

C_p : Calor específico del pescado (kcal/kg°C)

T_{ip} : temperatura inicial del pescado (°C)

T_f : temperatura final de la mezcla (°C)

Calor a ser extraído durante el enfriamiento

$$H = M \times C \times (t_i - t_f)$$

Donde:

H : Calor a ser extraído durante la refrigeración (kcal)

M : Masa de la mezcla (kg)

C : calor específico de la mezcla agua-pescado (kcal/kg°C)

T_i : temperatura inicial de la mezcla (°C)

Tf: temperatura final de la mezcla (°C)

Tiempo para enfriamiento

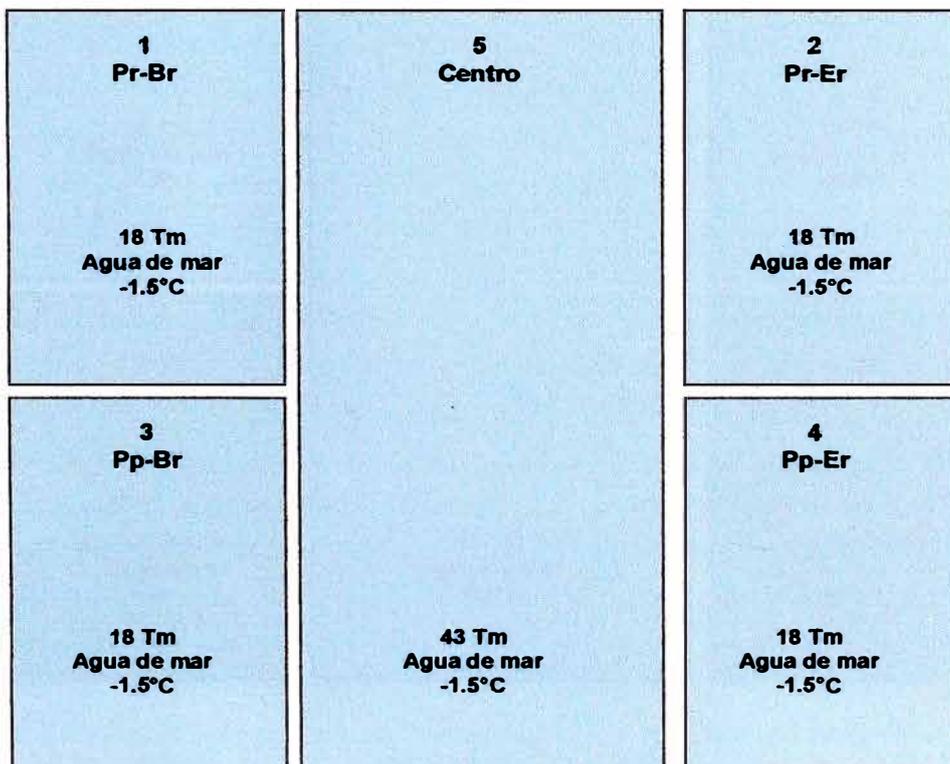
$T = H/Cap$ Donde:

T: tiempo que emplea la mezcla para enfriar a -1.5°C (horas)

H: Calor a ser extraído (kcal)

Cap: capacidad del Sistema RSW (kcal/hora)

A.1 ESTADO INICIAL. AGUA DE MAR ENFRIADA OCUPANDO EL 25% DE LA CAPACIDAD DE CADA BODEGA.



Calor a ser extraído durante el enfriamiento

Enfriamiento de 115 Tm de agua de mar (25% de la capacidad de bodega) desde 20°C hasta -1.5°C

$$H = 115000 \times 0.93 \times (20 - (-1.5))$$

$$H = 2299425 \text{ kcal}$$

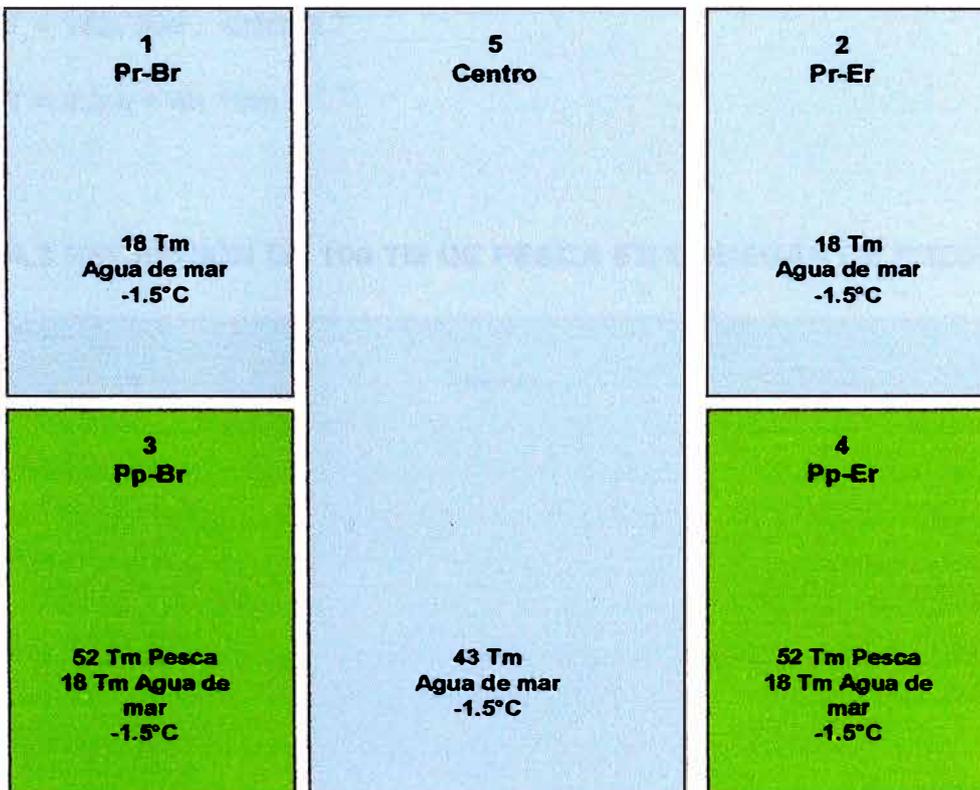
Tiempo para enfriamiento

Enfriamiento de 115 Tm de agua mar a 2/3 de la carga del Sistema RSW

$$T = 2299425 / 426666.7$$

$$T = 5.4 \text{ h} = 5 \text{ h } 24 \text{ m}$$

A.2 RECEPCIÓN DE 100 TM DE PESCA EN BODEGAS DE POPA



Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 100 Tm de pesca a 20°C y 40 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - tf) - 100000 \times 0.85 \times (20 - tf) = 0$$

$$tf = 13.4^\circ\text{C}$$

Calor a ser extraído durante el enfriamiento

Enfriamiento de la mezcla agua-pescado (140 Tm) desde 13.4°C hasta -1.5°C

$$H = 140000 \times 0.88 \times (13.4 - (-1.5))$$

$$H = 1827336 \text{ kcal}$$

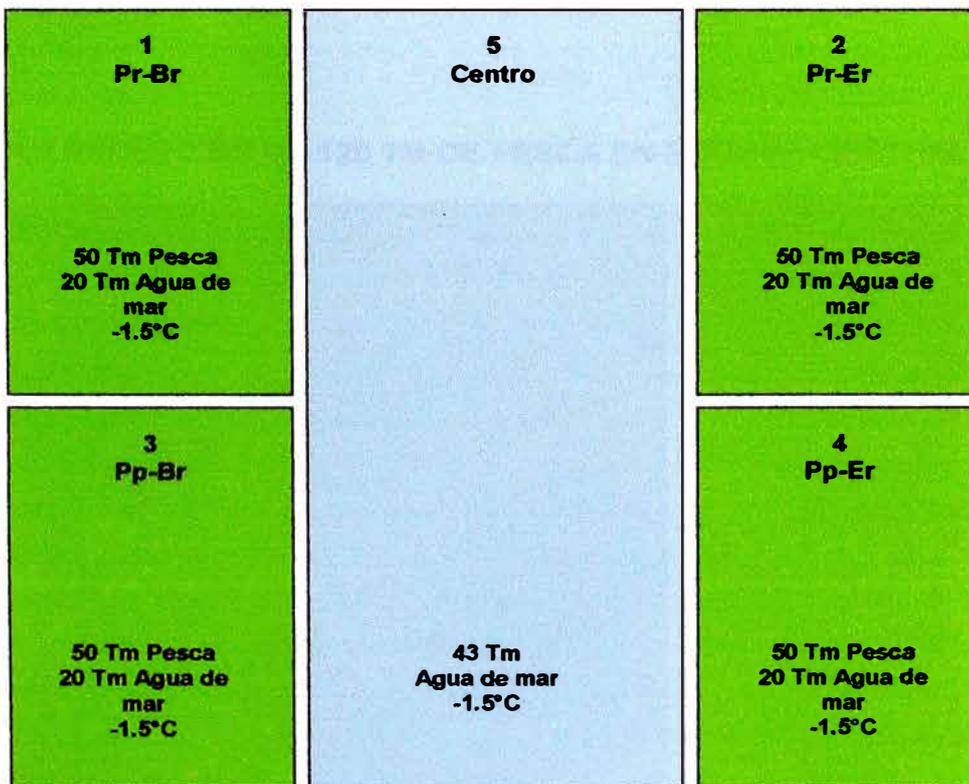
Tiempo para enfriamiento

Enfriamiento de 140 Tm de mezcla agua – pescado a 2/3 de la carga del Sistema RSW

$$T = 1827336 / 426666.7$$

$$T = 4.3 \text{ h} = 4 \text{ h } 18 \text{ m}$$

A.3 RECEPCIÓN DE 100 TM DE PESCA EN BODEGAS DE PROA



Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 100 Tm de pesca a 20°C y 40 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - t_f) - 100000 \times 0.85 \times (20 - t_f) = 0$$

$$t_f = 13.4^\circ\text{C}$$

Calor a ser extraído durante el enfriamiento

Enfriamiento de la mezcla agua-pescado (140 Tm) desde 13.4°C hasta -1.5°C

$$H = 140000 \times 0.88 \times (13.4 - (-1.5))$$

$$H = 1827336 \text{ kcal}$$

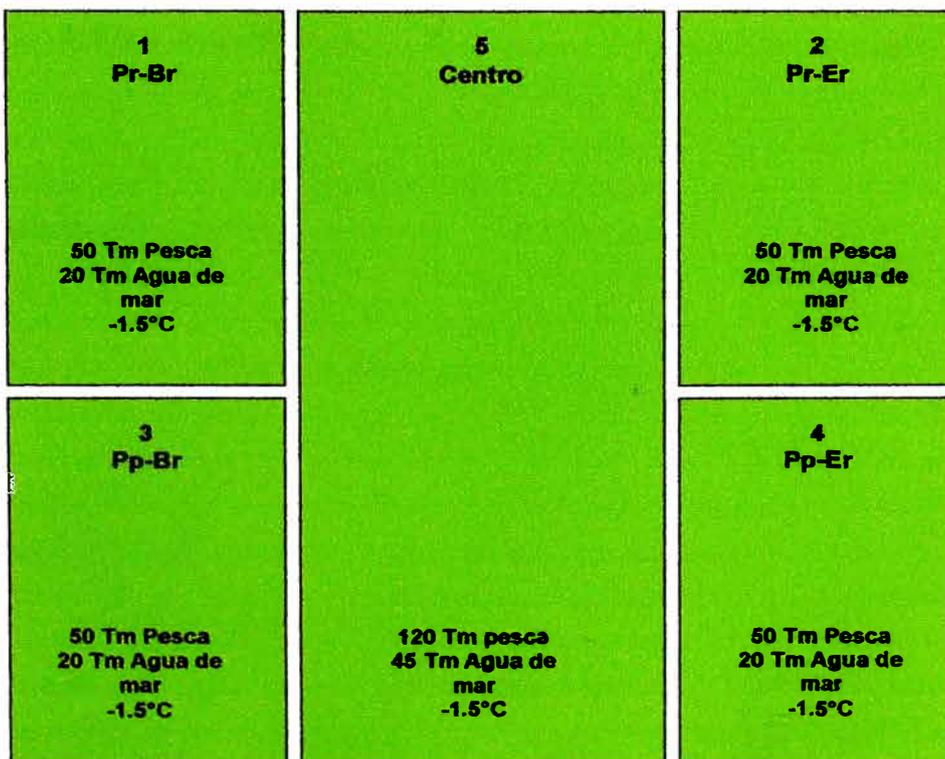
Tiempo para enfriamiento

Enfriamiento de 140 Tm de mezcla agua – pescado a 2/3 de la carga del Sistema RSW

$$T = 1827336 / 426666.7$$

$$T = 4.3 \text{ h} = 4\text{h } 18\text{m}$$

A.4 RECEPCIÓN DE 120 TM DE PESCA EN BODEGA CENTRAL



Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 120 Tm de pesca a 20°C y 45 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$45000 \times 0.94 \times (-1.5 - t_f) - 120000 \times 0.85 (20 - t_f) = 0$$

$$t_f = 13.7^\circ\text{C}$$

Calor a ser extraído durante el enfriamiento

Enfriamiento de la mezcla agua-pescado (165 Tm) desde 13.7°C hasta -1.5°C

$$H = 165000 \times 0.87 \times (13.7 - (-1.5))$$

$$H = 2153646 \text{ kcal}$$

Tiempo para enfriamiento

Enfriamiento de 165 Tm de mezcla agua – pescado a 100% de la carga del Sistema RSW

$$T = 2153646 / 640000$$

$$T = 3.4 \text{ h} = 3\text{h } 20\text{m}$$

ANEXO B

ESTUDIO DEL EQUILIBRIO TÉRMICO POR APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ENFRIAMIENTO POR GOLPES DE FRÍO.

Fórmulas usadas.

Temperatura de Equilibrio

$$M_a \times C_a \times (t_{ia} - t_f) - M_p \times C_p \times (t_{ip} - t_f) = 0$$

Donde:

M_a : Masa del agua de mar (kg)

C_a : Calor específico del agua (kcal/kg°C)

T_{ia} : temperatura inicial del agua (°C)

M_p : Masa de pescado (kg)

C_p : Calor específico del pescado (kcal/kg°C)

T_{ip} : temperatura inicial del pescado (°C)

T_f : temperatura final de la mezcla (°C)

Calor a ser extraído durante el enfriamiento

$$H = M \times C \times (t_i - t_f)$$

Donde:

H : Calor a ser extraído durante la refrigeración (kcal)

M : Masa de la mezcla (kg)

C : calor específico de la mezcla agua-pescado (kcal/kg°C)

T_i : temperatura inicial de la mezcla (°C)

Tf: temperatura final de la mezcla (°C)

Tiempo para enfriamiento

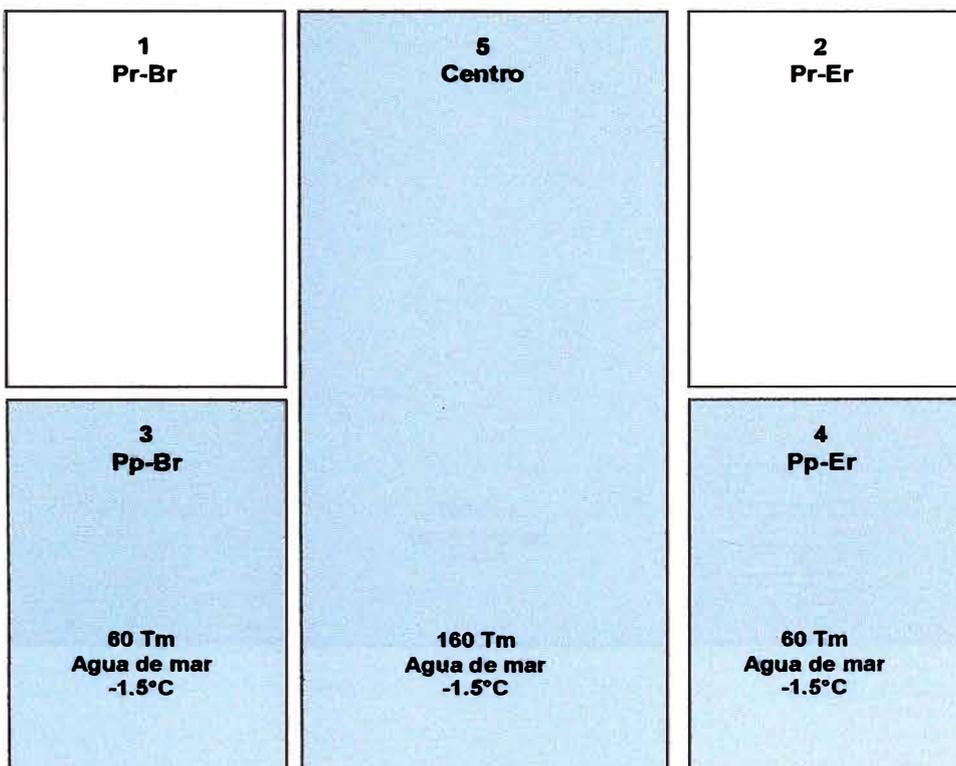
$T = H/\text{Cap}$ Donde:

T: tiempo que emplea la mezcla para enfriar a -1.5°C (horas)

H: Calor a ser extraído (kcal)

Cap: capacidad del Sistema RSW (kcal/hora)

B.1 ESTADO INICIAL. AGUA DE MAR ENFRIADA OCUPANDO EL 62.5% DE LA CAPACIDAD DE CADA BODEGA.



Calor a ser extraído durante el enfriamiento

Enfriamiento de 280 Tm de agua de mar (60% de la capacidad de bodega) desde 20°C hasta -1.5°C

$$H = 280000 \times 0.93 \times (20 - (-1.5))$$

$$H = 5598600 \text{ kcal}$$

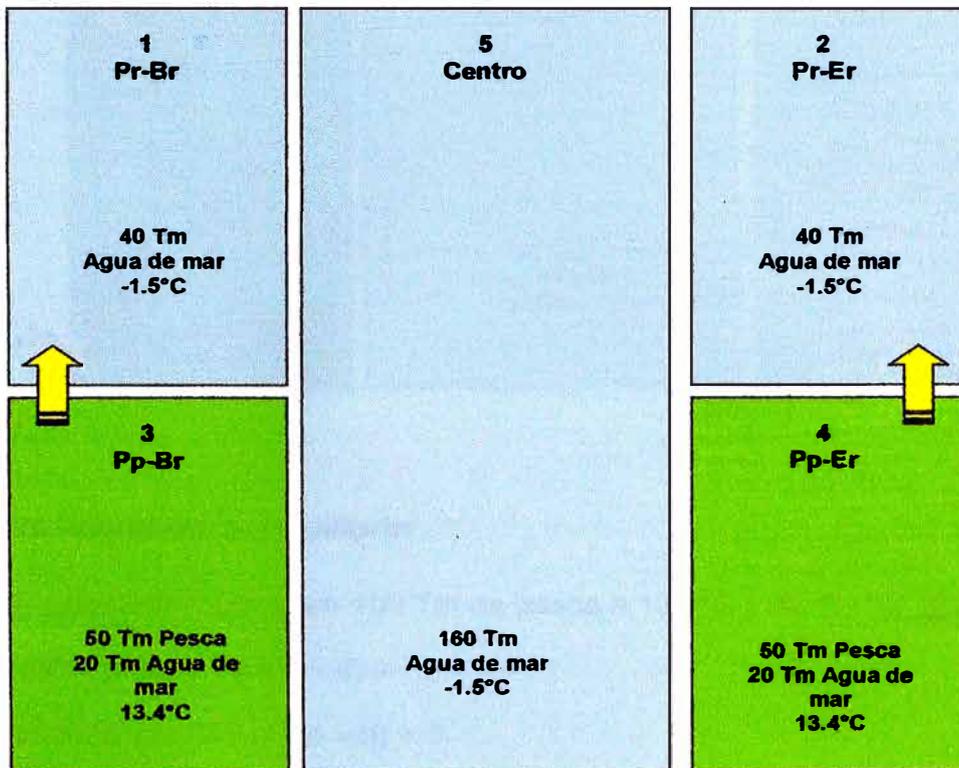
Tiempo para enfriamiento

Enfriamiento de 115 Tm de agua mar a 2/3 de la carga del Sistema RSW

$$T = 5598600 / 426666.7$$

$$T = 13.1 \text{ h} = 13\text{h } 5\text{m}$$

B.2 RECEPCIÓN DE 100 TM DE PESCA EN BODEGAS DE POPA. TRASVASE DE 40 TM DE AGUA DE LAS BODEGAS DE POPA A PROA.



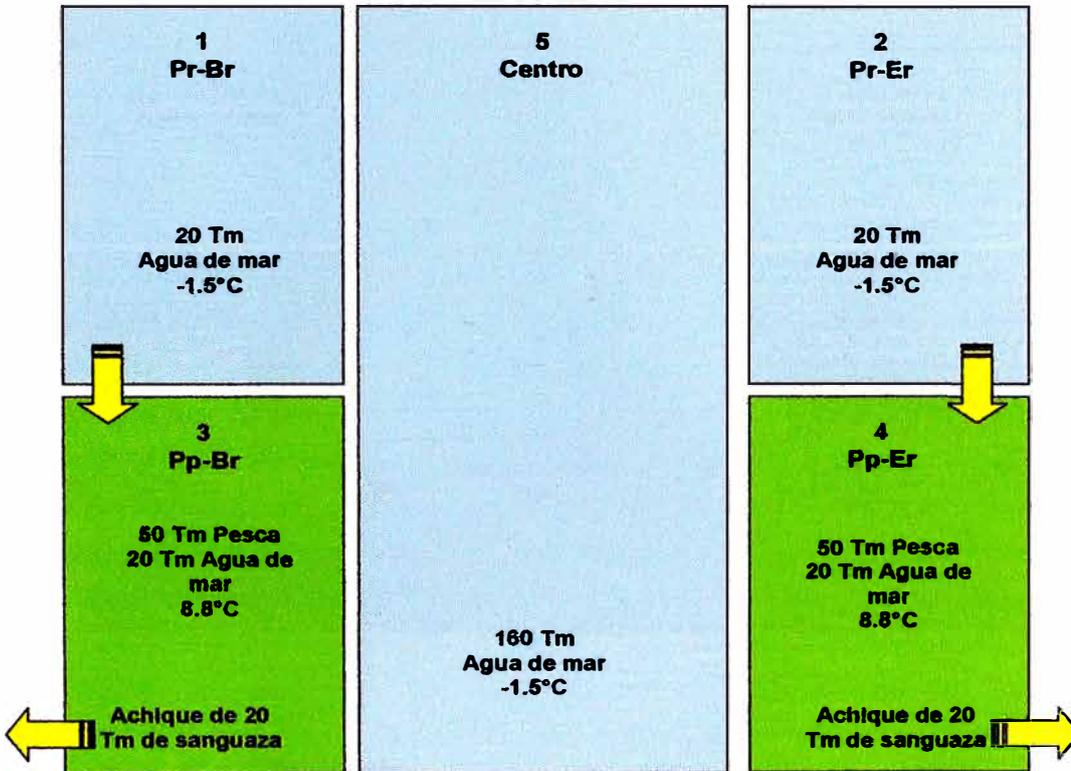
Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 100 Tm de pesca a 20°C y 40 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - t_f) - 100000 \times 0.85 \times (20 - t_f) = 0$$

$$t_f = 13.4^{\circ}\text{C}$$

B.3 ACHIQUE DE 40 TM DE SANGUAZA DE LAS BODEGAS DE POPA. TRASVASE DE 40 TM DE AGUA DE LAS BODEGAS DE PROA A POPA.



Temperatura de Equilibrio

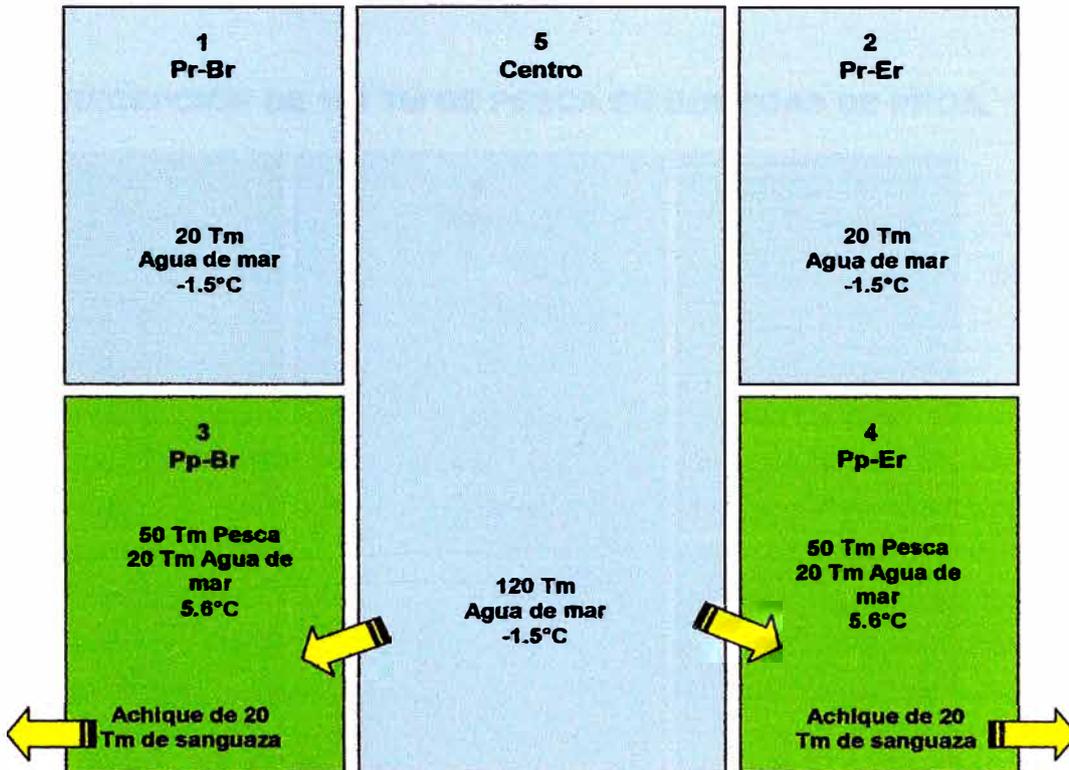
Equilibrio térmico entre 100 Tm de pesca a 13.4°C y 40 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - t_f) -$$

$$100000 \times 0.85 \times (13.4 - t_f) = 0$$

$$t_f = 8.8^{\circ}\text{C}$$

B.4 ACHIQUE DE 40 TM DE SANGUAZA DE LAS BODEGAS DE POPA. TRASVASE DE 40 TM DE AGUA DE LA BODEGA DE CENTRO.



Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 100 Tm de pesca a 8.8°C y 40 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - t_f) - 100000 \times 0.85 \times (8.8 - t_f) = 0$$

$$t_f = 5.6^{\circ}\text{C}$$

Calor a ser extraído durante el enfriamiento

Enfriamiento de la mezcla agua-pescado (140 Tm) desde 5.6°C hasta -1.5°C

$$H = 140000 \times 0.88 \times (5.6 - (-1.5))$$

$$H = 878079 \text{ kcal}$$

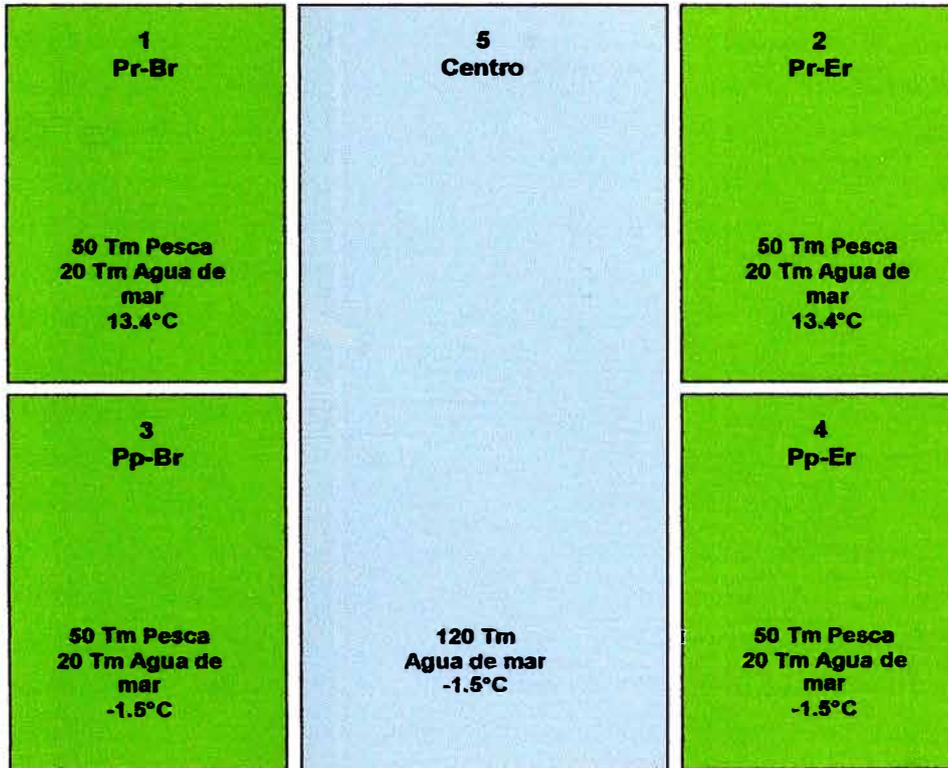
Tiempo para enfriamiento

Enfriamiento de 140 Tm de mezcla agua – pescado a 2/3 de la carga del Sistema RSW

$$T = 878079 / 426666.7$$

$$T = 2.0 \text{ h}$$

B.5 RECEPCIÓN DE 100 TM DE PESCA EN BODEGAS DE PROA.



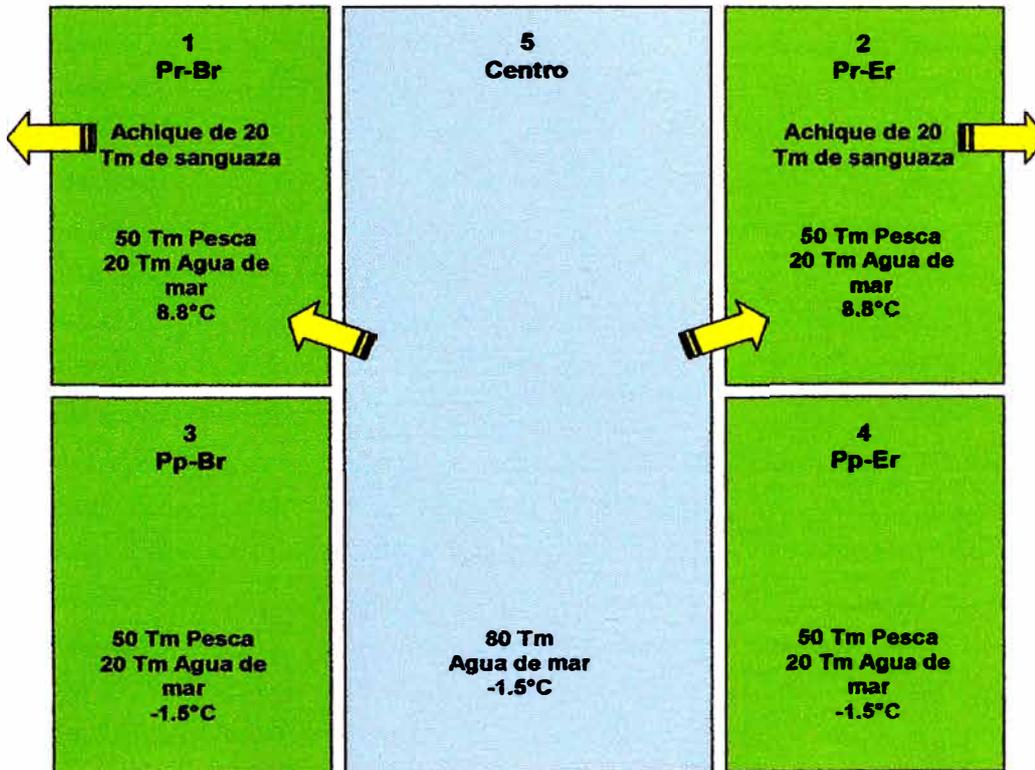
Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 100 Tm de pesca a 20°C y 40 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - tf) - 100000 \times 0.85 \times (20 - tf) = 0$$

$$tf = 13.4^\circ\text{C}$$

B.6 ACHIQUE DE 40 TM DE SANGUAZA DE LAS BODEGAS DE PROA. TRASVASE DE 40 TM DE AGUA DE LA BODEGA CENTRAL.



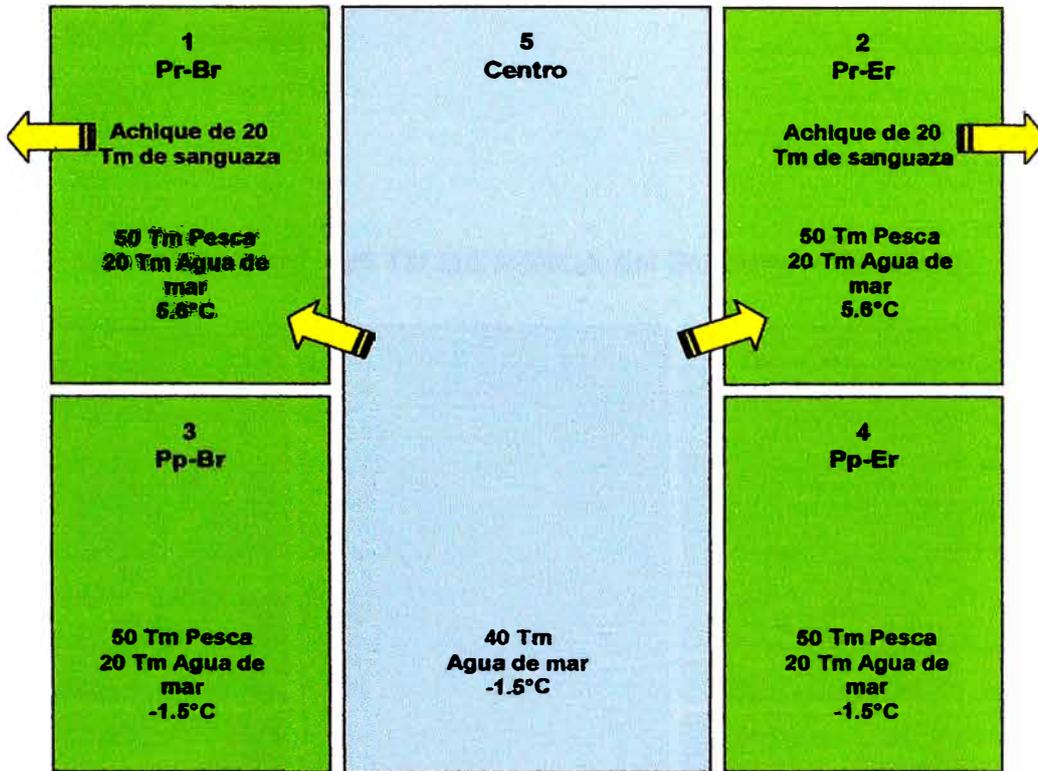
Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 100 Tm de pesca a 13.4°C y 40 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - t_f) - 100000 \times 0.85 \times (13.4 - t_f) = 0$$

$$t_f = 8.8^\circ\text{C}$$

B.7 ACHIQUE DE 40 TM DE SANGUAZA DE LAS BODEGAS DE PROA. TRASVASE DE 40 TM DE AGUA DE LA BODEGA DE CENTRO.



Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 100 Tm de pesca a 8.8°C y 40 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - t_f) - 100000 \times 0.85 \times (8.8 - t_f) = 0$$

$$t_f = 5.6^\circ\text{C}$$

Calor a ser extraído durante el enfriamiento

Enfriamiento de la mezcla agua-pescado (140 Tm) desde 5.6°C hasta -1.5°C

$$H = 140000 \times 0.88 \times (5.6 - (-1.5))$$

$$H = 878079 \text{ kcal}$$

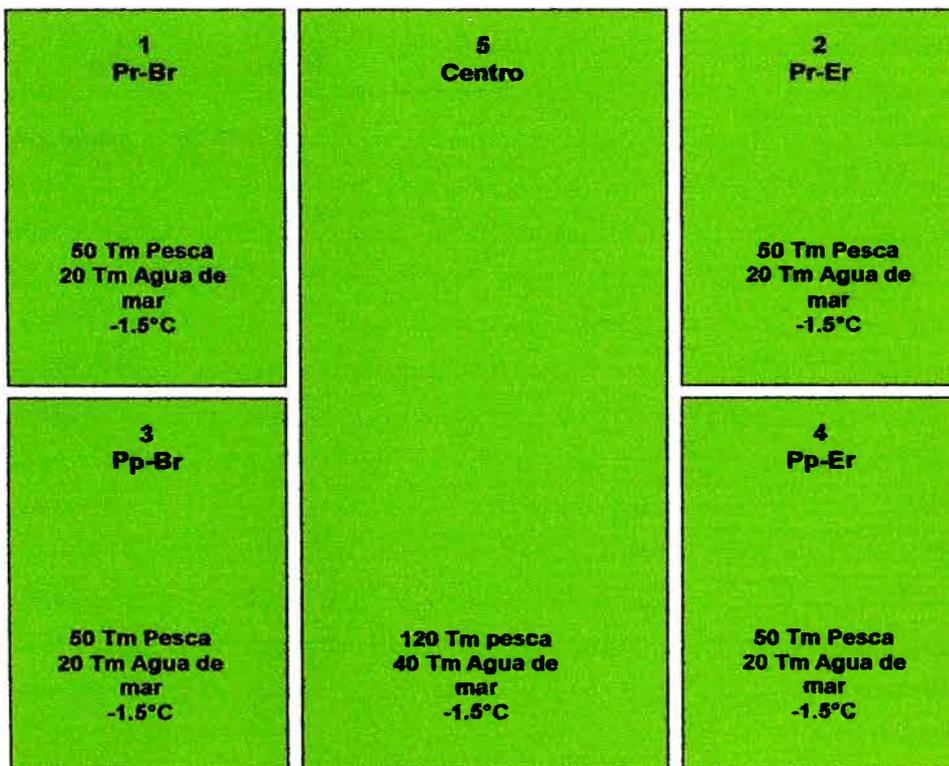
Tiempo para enfriamiento

Enfriamiento de 140 Tm de mezcla agua – pescado a 2/3 de la carga del Sistema RSW

$$T = 878079 / 426666.7$$

$$T = 2.0 \text{ h}$$

B.8 RECEPCIÓN DE 120 TM DE PESCA EN BODEGA CENTRAL



Temperatura de Equilibrio

Equilibrio térmico entre 120 Tm de pesca a 20°C y 45 Tm de agua de mar a -1.5°C

$$40000 \times 0.94 \times (-1.5 - tf) - 120000 \times 0.85 (20 - tf) = 0$$

$$tf = 14.2^\circ\text{C}$$

Calor a ser extraído durante el enfriamiento

Enfriamiento de la mezcla agua-pescado (160 Tm) desde 14.2°C hasta -1.5°C

$$H = 160000 \times 0.87 \times (14.2 - (-1.5))$$

$$H = 2193000 \text{ kcal}$$

Tiempo para enfriamiento

Enfriamiento de 160 Tm de mezcla agua – pescado a 100% de la carga del Sistema RSW

$$T = 2193000 / 640000$$

$$T = 3.4 \text{ h} = 3\text{h } 20\text{m}$$

ANEXO C

C.1 INSTRUCCIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA PESCA EN BODEGAS.

C.1.1 ALCANCE

La presente instrucción se aplica al almacenamiento y conservación de la pesca en las bodegas de la embarcación pesquera, durante la captura y en etapas posteriores hasta el arribo a puerto y durante la descarga.

C.1.2 RESPONSABILIDAD

El Superintendente de Pesca es responsable de asegurar y facilitar los recursos necesarios para la ejecución de esta instrucción.

El Jefe de Flota es responsable de garantizar la efectividad de las actividades indicadas en esta instrucción.

El Patrón es responsable de delegar a la tripulación necesaria para apoyo en el muestreo y conservación de la pesca.

El Motorista es responsable de ejecutar y/o dirigir las actividades de trasvase de agua, enfriamiento, muestreo de la pesca y transmisión de la información, tal como se indica en esta instrucción.

C.1.3 REFERENCIAS

Formato para el Reporte de la Planta de Refrigeración

F-FLOTA-001

C.1.4 DEFINICIONES

Achicar: Extraer el agua o mezcla acuosa de un compartimiento en la embarcación.

Chiller: intercambiador de calor diseñado para enfriar de agua mar.

Punto de arroz: el pescado en bodegas se ve en la superficie y existe un nivel de agua mínimo que garantice la circulación de la misma.

C.1.5 SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

RSW: Refrigerated Sea Water (refrigeración por agua de mar)

C.1.6 DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

- La captura no se inicia hasta que se haya enfriado agua de mar por lo menos en un 25% de la capacidad de bodegas a no menos de -1.5°C . Las figuras del Diagramas de trasvase de Agua en Bodegas representan condiciones de óptimo desempeño.
- La temperatura del agua no debe ser menor de -1.5°C debido a que el agua de mar congelada puede dañar los chillers. Asimismo no se debe congelar la pesca a bordo por debajo de su punto de congelación (-1.8°C), ya que esto es perjudicial para la calidad de la pesca por la formación de cristales de gran dimensión en el músculo del pescado con la consecuente laceración del músculo y la pérdida de textura.
- En la bodega no debe haber poca pesca por un tiempo prolongado, debido al deterioro por raspaduras y golpes.
- Se recomienda que la relación agua/pescado en todos los casos sea de 1/3 (1 tonelada de agua para cada 3 toneladas de pescado). El Patrón en coordinación con el Motorista deben asegurar esta relación mientras sea posible.
- La bodega no se debe sobrecargar porque dificulta el enfriamiento.

C.1.7 DESCRIPCIÓN DE LA INSTRUCCIÓN

ALMACENAMIENTO.

- Durante la captura se almacena la pesca de acuerdo al siguiente cuadro:

| | BODEGAS | No. BODEGA | VOLUMEN TOTAL m3 | PESCA Tm | PESCA TOTAL Tm | AGUA m3 | RELACIÓN AGUA/PESCADO |
|-----------------------------|---------|------------|------------------|----------|----------------|---------|-----------------------|
| Embarcaciones con 5 Bodegas | PR BR | 1 | 70 | 50 | 320 | 20 | 1/3 |
| | PR ER | 2 | 70 | 50 | | 20 | 1/3 |
| | PP BR | 3 | 70 | 50 | | 20 | 1/3 |
| | PP ER | 4 | 70 | 50 | | 20 | 1/3 |
| | CENTRO | 5 | 170 | 120 | | 40 | 1/3 |

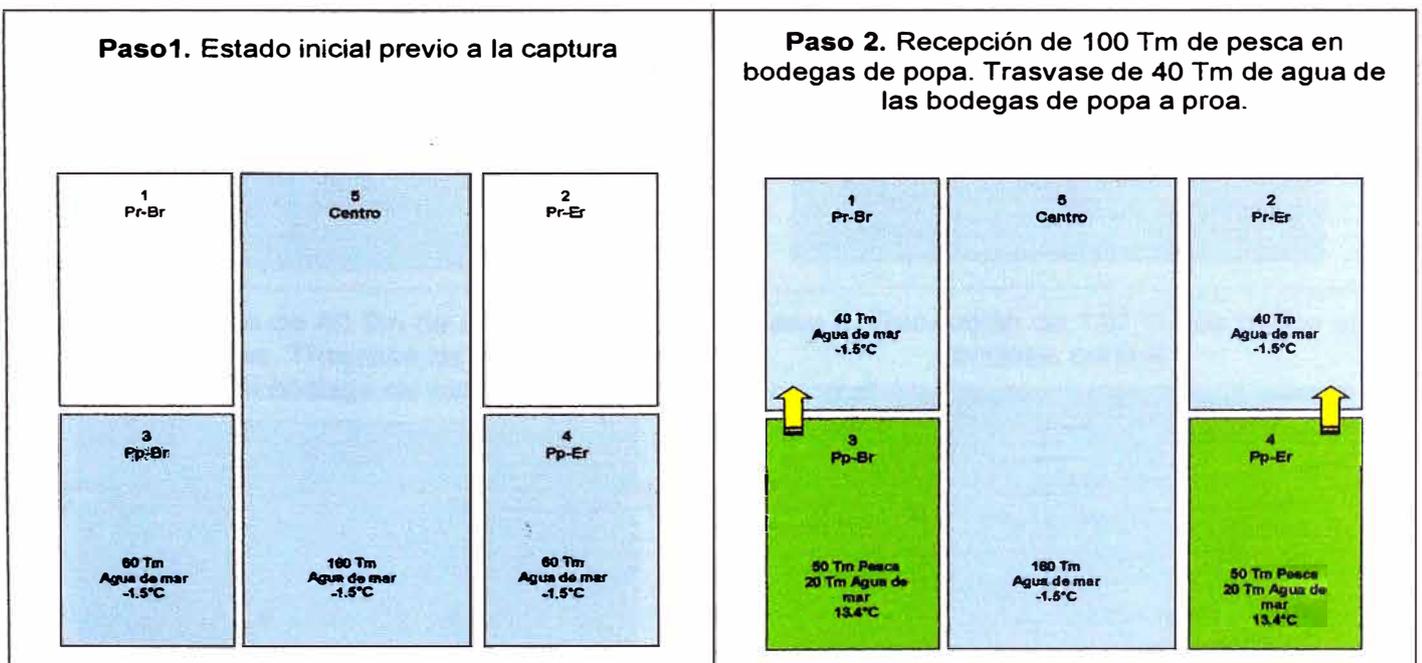
- Antes de realizar el primer cambio, la temperatura del agua en bodegas será aproximadamente 13°C a 14°C. El Motorista procede al trasvase del agua en bodegas de acuerdo a los Diagramas de Traslase de Agua en Bodegas descritos al final. Se alcanza la temperatura de 8°C a 9°C.
- Se realiza el segundo cambio de agua de acuerdo al Diagrama de Traslase de Agua en Bodegas. Se alcanza la temperatura de 5°C a 6°C.
- El motorista procede al enfriamiento del agua en bodegas hasta alcanzar - 1.5°C.
- Se repite el procedimiento para las bodegas de popa y proa. El agua restante en la bodega central se emplea para recibir la pesca de la(s) últimas calas.
- Dependiendo la distancia a puerto, el Motorista deja pasar 10 horas y luego añade agua de la toma de fondo a un caudal aproximado de 2 m3/hr rebosando la sanguaza.

CONSERVACIÓN.

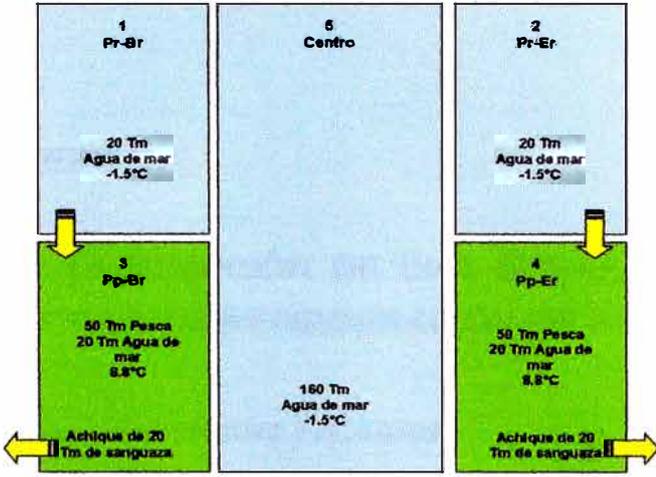
- En condiciones adversas de navegación (vientos y oleaje elevados), y cuando la pesca en las bodegas no supere el 75% de su capacidad, el Motorista reduce el nivel de agua hasta llegar al "Punto de arroz", para asegurar que la pesca tenga un movimiento mínimo con el balanceo de la embarcación.

- En condiciones adversas de navegación (vientos y oleaje elevados), y cuando la pesca en las bodegas supere el 75% de su capacidad, el Motorista llena con agua completamente la bodega hasta la boca de escotilla, eliminando así los volúmenes libres, para reducir el golpeteo de la pesca con el balanceo de la embarcación y el consiguiente aumento de la estabilidad de la nave.
- El Motorista toma nota de las temperaturas de bodegas en el Reporte de Planta de Refrigeración (F-FLOTA-001) y transmite los datos al Radio-operador del puerto más cercano o del Callao, a las 08:00 horas, 12:00 horas y 18:00 horas.
- En puerto, en el caso que ocurran paradas durante la descarga, el Motorista mantiene cerradas las tapas de las bodegas que no estén descargando.

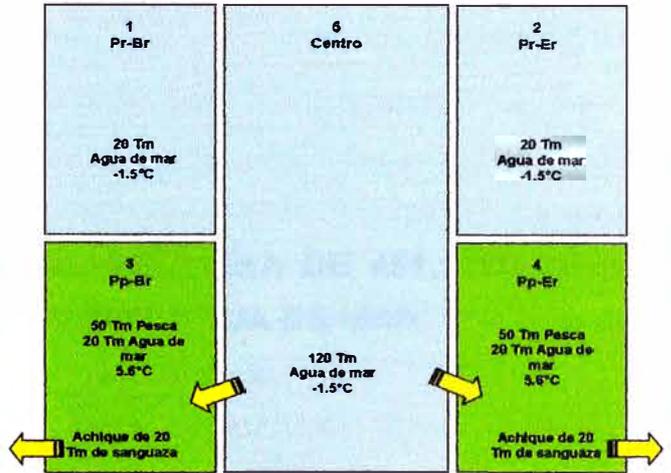
C.1.8 DIAGRAMAS DE TRASVASE DE AGUA EN BODEGAS



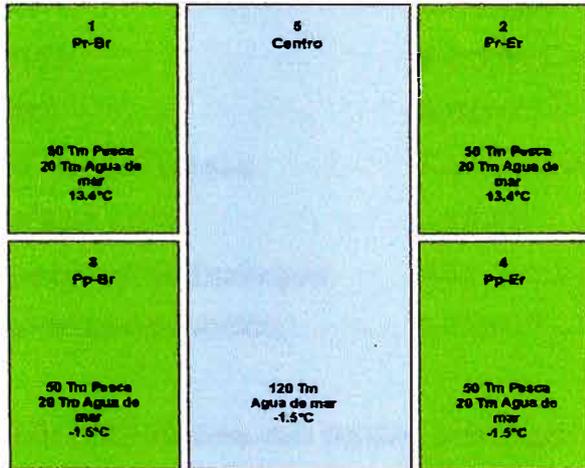
Paso 3. Achique de 40 Tm de sanguaza de las bodegas de popa. Trasvase de 40 Tm de agua de las bodegas de proa a popa.



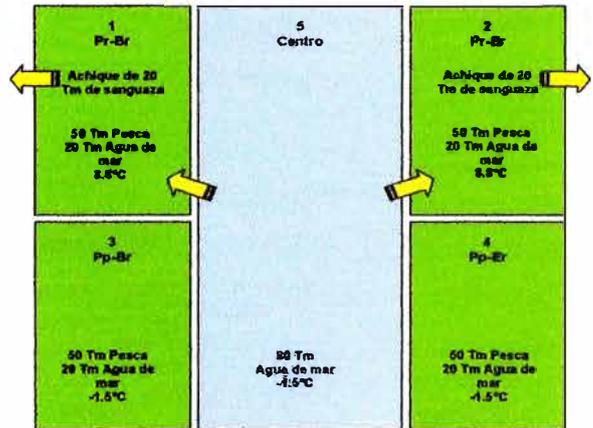
Paso 4. Achique de 40 Tm de sanguaza de las bodegas de popa. Trasvase de 40 Tm de agua de la bodega de centro.



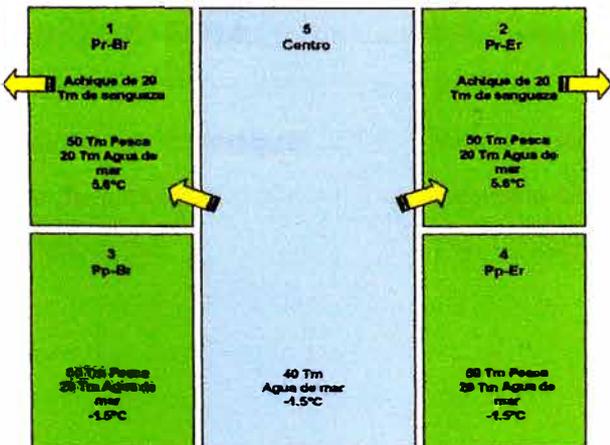
Paso 5. Recepción de 100 Tm de pesca en bodegas de proa.



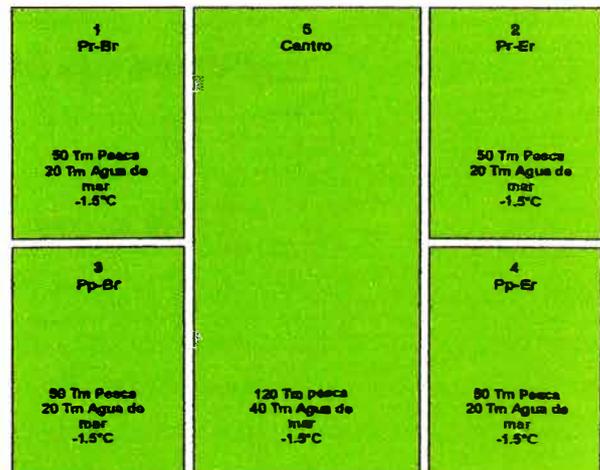
Paso 6. Achique de 40 Tm de sanguaza de las bodegas de proa. Trasvase de 40 Tm de agua de la bodega central.



Paso 7. Achique de 40 Tm de sanguaza de las bodegas de proa. Trasvase de 40 Tm de agua de la bodega de centro.



Paso 8. Recepción de 120 Tm de pesca en bodega central



ANEXO D

D.1 DESCRIPCIÓN DE UNA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 451.1 TM CON SISTEMA DE REFIRGERACIÓN DE BODEGAS PÓR AGUA DE MAR.

Especificaciones Técnicas

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| Método de captura: | cerco |
| Eslora: | 41.90 m |
| Manga: | 8.80 m |
| Punta: | 4.40 m |
| Material del Casco: | Acero naval |
| Tonelaje neto: | 110.49 |
| Capacidad de bodegas: | 451.1 m3 con sistema RSW |
| Año de construcción: | 2005 |

Especificaciones del motor principal

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| Marca / Modelo: | Caterpillar 3512 |
| Año de construcción: | 1999 |
| Potencia @ RPM: | 1207 BHP (900 KW) @ 1200 RPM |
| Cilndros: | 12 "V" |
| Sistema de Arranque: | Neumático |
| Caja reductora: | Reinjes WAF-741, ratio: 3.952:1 |
| Tomafuerza: | Twin Disc IBF3140P1 |

D.2 Uso del amoníaco en las plantas de refrigeración de embarcaciones pesqueras de cerco

Las embarcaciones pesqueras de cerco realizan faenas de pesca de especies pelágicas, siendo una diferencia respecto a otras formas de pesca que pueden capturar por lance (vez que arrean sus redes para realizar la captura) hasta una cantidad igual a su capacidad de bodegas; es decir estamos hablando de 450 a 600 toneladas métricas. Este panorama obliga a que los sistemas de conservación de la pesca cuenten con potentes plantas de refrigeración, contando estas de preferencia como elemento refrigerante el amoníaco por sus excelentes características térmicas y su bajo costo, además no atenta contra la capa de ozono.

En las embarcaciones pesqueras de cerco se usa el sistema de refrigeración llamado RSW por sus siglas en inglés Refrigerated Sea Water que consiste en enfriar agua de mar a temperaturas cerca a los 0 °C en cantidades adecuadas de tal manera que esta agua sirva como elemento intermediario para enfriar la pesca y para que esta no se maltrate, es decir para que se encuentre en flotación.

Descripción del Funcionamiento de una Planta de RSW

- 1.- Bodegas aisladas o insuladas.
- 2.- Compresor de refrigeración.
- 3.- Separador de aceite.
- 4.- Condensador.
- 5.- Tanque receptor de líquido.
- 6.- Chillers (Enfriadores de agua).
- 7.- Acumulador de succión.
- 8.- Refrigerante (amoníaco).

1.- Bodegas aisladas o insuladas:

Elementos estructurales de la embarcación destinadas a almacenar la pesca a bajas temperaturas por lo que deben de estar aisladas de manera que se minimice el ingreso de calor por el casco, manteniendo de esta forma la pesca en buenas

condiciones de conservación y se minimizan las pérdidas energéticas por el funcionamiento de la Planta de Refrigeración.

2.- Compresor de refrigeración:

En el sistema de refrigeración se encarga de bombear el elemento refrigerante, en este caso el amoniaco, a todo el sistema, para que este cumpla su función, de retirar el calor al agua de mar.

3.- Separador de aceite:

Esta ubicado inmediatamente después del compresor y cumple de la función de retener el aceite que es "barrido" por el refrigerante en el compresor, debido a deficiencias de hermeticidad en los cilindros y a la diferencia de presiones entre el carter y la cámara de compresión.

4.- Condensador:

Este elemento es un intercambiador de calor que cumple dos funciones: a) cambiar de estado al refrigerante que se encuentra en estado gaseoso y a alta temperatura a estado líquido y casi temperatura ambiente y b) evacuar el calor retirado desde las bodegas y transportado por el amoniaco al ambiente.

5.- Tanque recibidor de líquido:

Es un equipo que contiene el refrigerante que garantiza el suministro de este a los chillers y a todos los elementos del sistema.

6.- Chiller:

Es un intercambiador de calor que cumple la función de retirar el calor del agua de mar de las bodegas que circula internamente en sus tuberías.

7.- Acumulador de succión:

Este equipo garantiza que el refrigerante que es succionado por el compresor esté completamente en estado gaseoso para evitar su deterioro.

8.- Refrigerante:

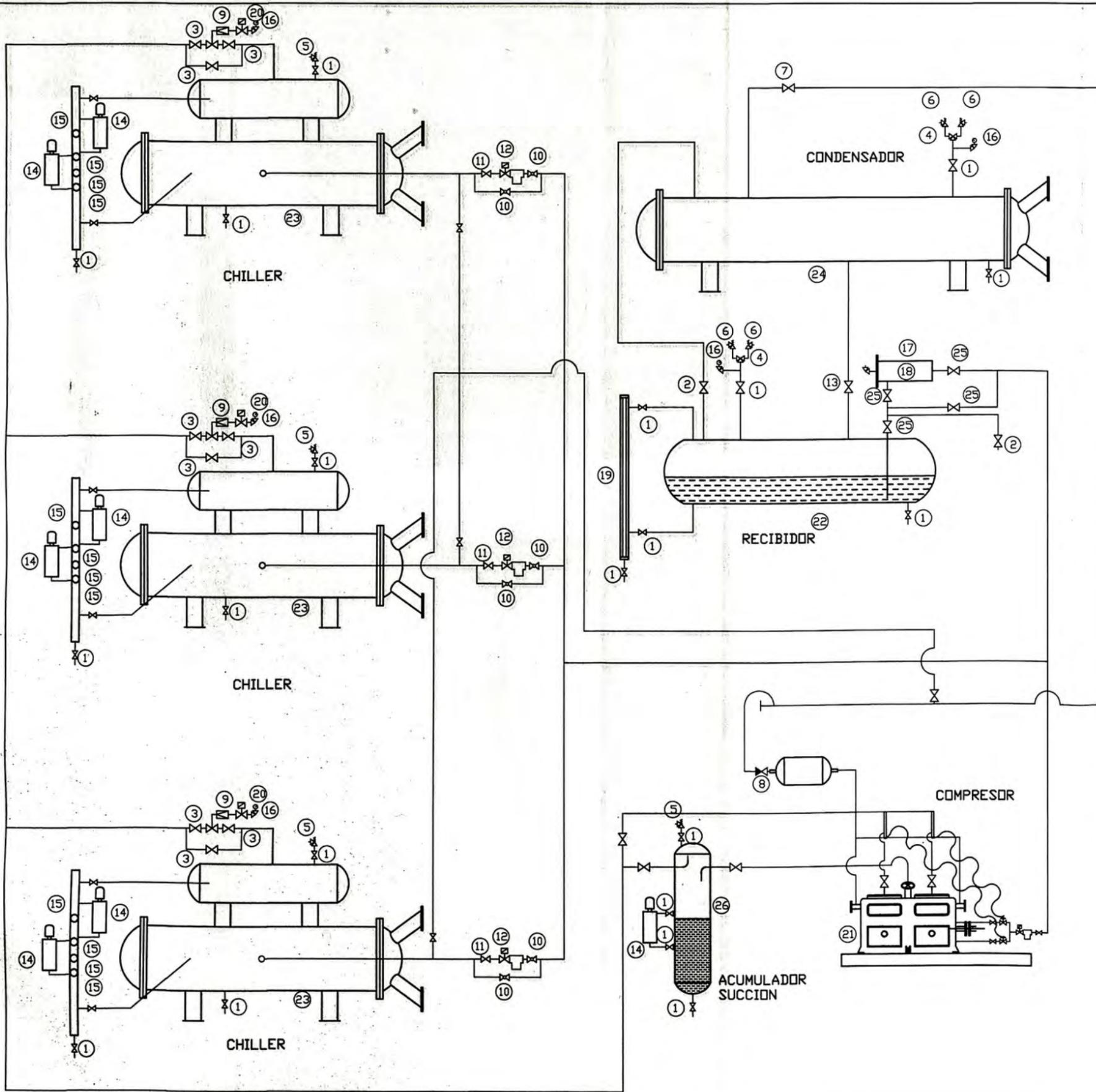
Debido a sus características termodinámicas, cumple la función, de retirar el calor desde los chillers, transportarlo hasta el condensador y traspasar este calor al medio ambiente en el condensador; siendo bombeado para esto por el compresor.

DESCRIPCIÓN DE FLUJO

El Compresor comprime el refrigerante elevando su temperatura e incrementando el calor que contiene, el cual es expulsado al Condensador en estado gaseoso a una presión nominal de 170 PSI y una temperatura de 95 °C , temperatura que permite el flujo de calor del refrigerante al medio ambiente, camino al Condensador pasa por el separador de aceite donde es retirado el aceite que se fue barrido del compresor y devuelto al mismo.

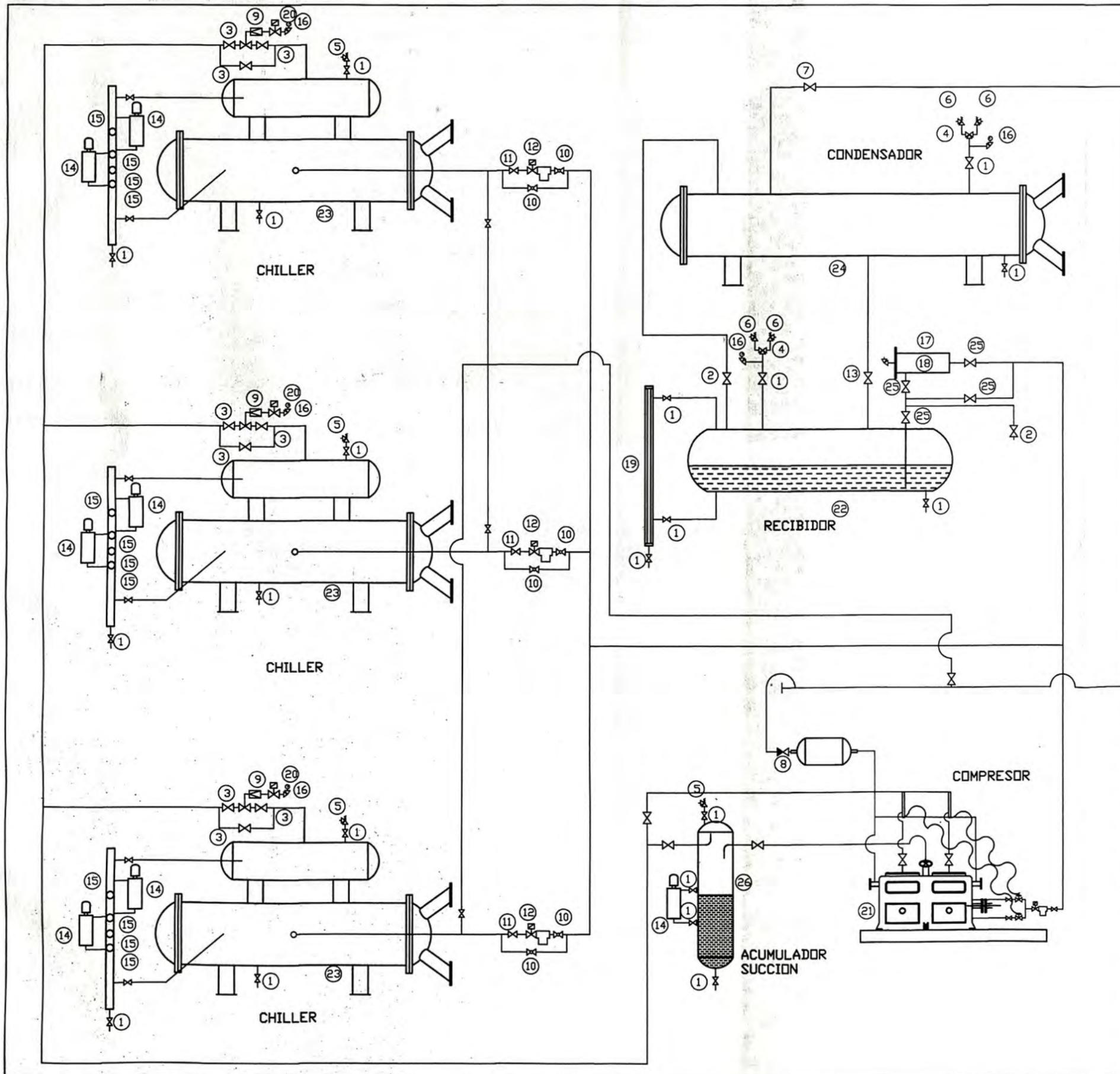
En el Condensador el refrigerante cambia de estado a estado líquido en el proceso de transferencia de calor al medio ambiente. el refrigerante en estado líquido fluye al receptor de líquido por diferencia de nivel y de aquí a los chillers donde cae la presión debido al cambio brusco de sección en el flujo del refrigerante, por efecto de la caída de presión y sus características termodinámicas cae también la temperatura permitiendo el flujo de calor desde el agua de mar de bodegas, que se encuentra circulando por el interior de las tuberías de los chillers, bajando de esta forma la temperatura de esta hasta aprox. -1,5 °C. Uno de los fenómenos que sucede con el refrigerante en los Chillers es el cambio de estado a líquido.

El refrigerante al ganar el calor del agua de mar en los Chillers cambia nuevamente de estado a gaseoso, siendo succionado por el compresor para repetir el ciclo. El agua enfriada en los Chillers finalmente cumple la función de retirar el calor del pescado bajando la temperatura de esta hasta 0 °C, -1.0°C, o -1.5°C dependiendo la necesidad, garantizando de esta forma la conservación de la materia prima.



| | | |
|----|----|---|
| 26 | 01 | Acumulador de succion |
| 25 | 04 | Válvula globo 1.1/2' soldable tipo T socket weld |
| 24 | 01 | Condensador tubular ISOTHERM ZC- 1610 |
| 23 | 03 | Chiller AYUB ZFC-1608 EE |
| 22 | 01 | Tanque recibidor AYUB |
| 21 | 01 | Compresor reciprocante Vilter 4512 XL |
| 20 | 03 | Manómetro baja presión 150 PSIG dial 4" |
| 19 | 01 | columna nivel tanque recibidor c/ 02 valv antirretorno. |
| 18 | 04 | Elemento filtrante tipo malla para filtro limpiador |
| 17 | 01 | Carcasa portafiltro limpiador 1.1/2' |
| 16 | 05 | Válvula angular 1/4' para manómetro |
| 15 | 12 | Visor de 2" Standardl |
| 14 | 07 | Switch de flotador para control de nivel |
| 13 | 01 | Válvula globo 2.1/2' con bridas |
| 12 | 03 | Válvula solenoide 1.1/4' bridas a 1" SW 110 VAC w/st |
| 11 | 03 | Válvula expansión manual soldable 1.1/4' socket weld |
| 10 | 06 | Válvula globo 1.1/4' soldable tipo T socket weld |
| 9 | 03 | Válvula reguladora de presión 2.1/2', con bridas |
| 8 | 01 | Válvula check 3' bridada |
| 7 | 01 | Válvula globo 4' bridada |
| 6 | 04 | Válvula alivio 3/4' a 1", 250 PSIG |
| 5 | 04 | Válvula alivio 3/4' a 1", 175 PSIG |
| 4 | 02 | Válvula de cierre 3 vías para valv.alivio 3/4 |
| 3 | 09 | Válvula globo 2.1/2' bridada |
| 2 | 02 | Válvula globo 1/2' soldable tipo T socket weld |
| 1 | 20 | Válvula globo 3/4' soldable tipo T socket weld |

| POS | CAN | DESCRIPCION | MARCA | MODELO | OBSERV. |
|--|-----------------|-------------|----------|--------|---------|
| TITULO ESQUEMA SISTEMA DE AMONIACO PLANTA RSW EMBARCACION PESQUERA | | | | | |
| PROYECTO PLANTA REFRIGERACION 220 TON REFR. | | | | | |
| | | | REVISADO | DA | |
| | | | A | | |
| | | | B | | |
| | | | C | | |
| ESCALA | HT | VERIFICADO | --- | --- | HOJA |
| 5/ESC. | | | | | 1/1 |
| FORMATO | 30/11/07 | APROBADO | --- | --- | REV. |
| | ING. H. PANDURO | | | | 0 |



| | | | | | |
|-----|-----|---|-------|--------|---------|
| 26 | 01 | Acumulador de succion | | | |
| 25 | 04 | Válvula globo 1.1/2' soldable tipo T socket weld | | | |
| 24 | 01 | Condensador tubular ISOTHERM ZC- 1610 | | | |
| 23 | 03 | Chiller AYUB ZFC-1608 EE | | | |
| 22 | 01 | Tanque recibidor AYUB | | | |
| 21 | 01 | Compresor reciprocante Vilter 4512 XL | | | |
| 20 | 03 | Manómetro baja presión 150 PSIG dial 4' | | | |
| 19 | 01 | columna nivel tanque recibidor c/ 02 valv antirretorno. | | | |
| 18 | 04 | Elemento filtrante tipo malla para filtro limpiador | | | |
| 17 | 01 | Carcasa portafiltro limpiador 1.1/2' | | | |
| 16 | 05 | Válvula angular 1/4' para manómetro | | | |
| 15 | 12 | Visor de 2' Standard | | | |
| 14 | 07 | Switch de flotador para control de nivel | | | |
| 13 | 01 | Válvula globo 2.1/2' con bridas | | | |
| 12 | 03 | Válvula solenoide 1.1/4' bridas a 1' SW 110 VAC w/st | | | |
| 11 | 03 | Válvula expansión manual soldable 1.1/4' socket weld | | | |
| 10 | 06 | Válvula globo 1.1/4' soldable tipo T socket weld | | | |
| 9 | 03 | Válvula reguladora de presión 2.1/2', con bridas | | | |
| 8 | 01 | Válvula check 3' bridada | | | |
| 7 | 01 | Válvula globo 4' bridada | | | |
| 6 | 04 | Válvula alivio 3/4' a 1', 250 PSIG | | | |
| 5 | 04 | Válvula alivio 3/4' a 1', 175 PSIG | | | |
| 4 | 02 | Válvula de cierre 3 vías para valv.alivio 3/4 | | | |
| 3 | 09 | Válvula globo 2.1/2' bridada | | | |
| 2 | 02 | Válvula globo 1/2' soldable tipo T socket weld | | | |
| 1 | 20 | Válvula globo 3/4' soldable tipo T socket weld | | | |
| PDS | CAN | DESCRIPCION | MARCA | MODELO | OBSERV. |

**ESQUEMA SISTEMA DE AMONIACO
PLANTA RSW EMBARCACION PESQUERA**

PROYECTO PLANTA REFRIGERACION 220 TON REFR.

| | | | | | | | |
|-----------------------------|--|------------|--|----------|--|------|--|
| ESCALA | | VERIFICADO | | REVISADO | | DIA | |
| S/ESC. HT | | -/-/- | | A | | | |
| | | | | B | | | |
| | | | | C | | | |
| FORMATO | | APROBADO | | FECHA | | REV. | |
| 30/11/07 ING. H. PANDURO | | -/-/- | | 1/1 | | 0 | |