



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS ADECUADOS PARA EL
MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL PESCADO EN LA PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE HIELO TRANSFLEX S.A.**

Manuel Alejandro Jerez Roldán

Asesorado por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS ADECUADOS PARA EL
MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL PESCADO EN LA PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE HIELO TRANSFLEX S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANUEL ALEJANDRO JEREZ ROLDÁN

ASESORADO POR EL INGENIERO ALEJANDRO ESTRADA MARTINEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Inga. Martha Guisela Gaitán Garavito
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS ADECUADOS PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL PESCADO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIELO TRANSFLEX S.A.,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 16 de mayo de 2006.

Manuel Alejandro Jerez Roldán

DEDICATORIA

A DIOS

Por ser quien me ha guiado en mi vida.

A MI ESPOSA E HIJA

Heidi Lorena y Natalia

Gracias por estar a mi lado.

A MIS PADRES

Manuel de Jesús Jerez Quevedo

Vilma Judith Roldan Roca de Jerez

Gracias por su incondicional apoyo y esfuerzo.

A MIS HERMANOS

Edson Eduardo

Joshua

Khrista Maria

Que este triunfo sea por los tres.

A MIS ABUELOS

Maria Hortensia, Jorge, Rosa Melida y muy especialmente a Félix, por ser un ejemplo y entregarse a su familia.

A MIS TIOS

Eddy, Sergio, Karina, Rosa, Gustavo, Virgilia y Jorge.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

Con cariño muy especial:

Rene, Pedro Pablo, Jorge, Oscar,

Ricardo, Edwin, Rita, Irene, Hugo y

Carlos Aquino.

Gracias por su apoyo y por siempre estar ahí.

A LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser la casa de estudios que hoy con sus enseñanzas me permite ser un profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. Producción pesquera nacional.....	1
1.1.1. Fuentes de abastecimiento.....	3
1.1.2. Oferta y demanda.....	6
1.1.3. Consumo interno	8
1.1.4. Importación y exportación.....	9
1.2. Preservación del pescado en hielo.....	11
1.2.1. Duración del pescado en hielo.....	15
1.2.2. Efecto de la temperatura sobre la putrefacción.....	18
2. EVALUACIÓN Y ESTUDIO	
2.1. Especificaciones del hielo.....	21
2.2. Cantidad del hielo necesario.....	28
2.2.1. Cálculo del hielo necesario para enfriar el pescado.....	28
2.2.2. Forma de economizar hielo.....	31
2.3. Velocidad de enfriamiento del pescado.....	35

3. PROPUESTA

3.1. Análisis y propuesta de mejoras de la situación actual de la planta...	41
3.2. Espacio.....	43
3.2.1. Distribución de la planta.....	45
3.3. Energía.....	46
3.4. Agua.....	47
3.5. Análisis y propuesta de mejoras del edificio y sus instalaciones.....	48
3.5.1. Tipos de techos.....	49
3.5.2. Tipos de pisos.....	49
3.5.3. Tipos de alumbrado y métodos de iluminación.....	51
3.5.4. Tipo de ventilación.....	59
3.6. Capacidad de fabricación de hielo.....	60
3.7. Almacenamiento del hielo.....	62
3.7.1. Cálculo del hielo necesario para el almacenamiento del pescado.....	64
3.7.1.1. Método del almacenamiento en depósitos.....	67
3.7.1.2. Método del almacenamiento en silos.....	68
3.7.2. Definición de la duración en almacén.....	70
4.7.3. Calculo de los tiempos de almacenamiento.....	71
3.8. Manipulación y descarga del hielo.....	74
3.9. Pasaje y transporte del hielo.....	77

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Hielo en bloques.....	79
4.1.1. Hielo en bloques de fabricación rápida.....	82
4.2. Hielo en tubos.....	83
4.3. Hielo en placas.....	85
4.4. Hielo fundente.....	87
4.5. Hielo en escamas.....	87

4.6. Sistema de refrigeración en la planta de hielo.....	90
4.6.1. Especificaciones de mantenimiento del compresor.....	94
4.6.2. Especificaciones de mantenimiento del condensador....	97
4.6.3. Especificaciones de mantenimiento del cuarto frío.....	99
5. SEGUIMIENTO	
5.1. Método de fabricación de hielo con agua de mar.....	103
5.1.1. Agua de mar refrigerada y sus aplicaciones.....	104
5.1.2. Absorción de la sal.....	107
5.1.3. Deterioro del pescado en agua de mar refrigerada.....	109
5.2. Instrumentos para la medición de temperatura.....	110
5.2.1. Termómetros.....	111
5.2.2. Pares termoeléctricos.....	113
5.2.3. Sonda con termistor.....	114
5.3 Método de medición de la temperatura del pescado.....	115
5.4 Evaluación de resultados.....	117
5.4.1 Pruebas de fusión del hielo.....	117
CONCLUSIONES.....	127
RECOMENDACIONES.....	129
BIBLIOGRAFÍA.....	131
APÉNDICES.....	133
ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Valores para la oferta y la demanda para el año 2000	07
2.	Conserva del pescado en cámaras frigoríficas	14
3.	Conserva del pescado según la temperatura	20
4.	Pesos iguales del hielo misma capacidad refrigerante	27
5.	Forma de almacenamiento	32
6.	Enfriamiento del pescado con hielo	37
7.	Enfriamiento de estratos	38
8.	Silo para almacenar hielo	69
9.	Depósito de hielo y sistema de rastrillo para descarga	76
10.	Máquina de hacer hielo en bloques	80
11.	Llenado de tanques para hielo en bloques	81
12.	Desescarchado del hielo en bloques	82
13.	Máquina y funcionamiento para hielo en tubos	84
14.	Máquina de hacer hielo en placas	86
15.	Unidad de fabricación del hielo en escamas	88
16.	Cuarto frío	93
17.	Compresor aislado de la unidad de enfriamiento	94
18.	Compresor recíprocante	97
19.	Ventilador de aire forzado de pared fría	101
20.	Ventilador de aire forzado	102
21.	Inserción del termómetro en el pescado	116
22.	Pruebas de fusión del hielo No. 1	118
23.	Pruebas de fusión del hielo No. 2	119
24.	Fusión del hielo en tubos	123

25.	Fusión del hielo en placas	124
26.	Fusión del hielo fundente	125
27.	Fusión del hielo en escamas	126
28.	Distribución de planta actual	133
29.	Distribución de planta propuesta	134
30.	Vista de planta equipada y amueblada	135

TABLAS

I.	Pesca artesanal	3
II.	Oferta anual de productos de pesca	8
III.	Reporte de estadísticas de exportación de Guatemala para la partida 03 entre el año 2004 y 2006	10
IV.	Especificaciones del hielo y el agua	23
V.	Fusión del hielo	34
VI.	Tiempo necesario para enfriar el pescado del centro de una caja con hielo arriba y abajo	36
VII.	Espacio necesario para la máquina de hacer hielo	44
VIII.	Factores de reflectancia según el color	52
IX.	Variación de la capacidad de fabricación de hielo, según la temperatura del refrigerante en una planta de hielo en escamas.	60
X.	Variación de la capacidad de una máquina de hacer hielo, según la temperatura del agua	60
XI.	Variación de la capacidad relativa de un equipo de refrigeración según las condiciones de funcionamiento	62
XII.	Necesidades de espacio para el almacenamiento de hielo	64
XIII.	Absorción de sal por el róbalo en agua de mar refrigerada	108

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grado centígrado
%	Porcentaje
/	División
+	Suma o valor positivo
-	Resta o valor negativo
*	Multiplicación
Kg.	Kilogramo
Tons.	Toneladas
L	litro
T	Temperatura
Kcal.	Kilocaloría
mt.	Metro
m.³	Metro Cúbico
m.²	Metro Cuadrado
cm.	Centímetro
mm.	Milímetro
Hrs.	Horas
AMR	Agua de mar refrigerada
Mh	Masa de hielo que se funde
Lh	Calor latente de fusión del hielo
Mp	Masa del pescado
Cep	Calor específico del pescado
T_i	Temperatura inicial del pescado
T_f	Temperatura final del pescado
XI	Proporción de lípidos (aceite) de la masa

Xs	Proporción de sólidos de la masa
Xa	Proporción de agua de la masa
A	Área de superficie
Hmot.	Altura de montaje
PCC	Reflectancia efectiva para la cavidad de cielo
PCP	Reflectancia efectiva para la cavidad de piso
K	Coefficiente de utilización
K'	Factor de mantenimiento
E.M.	Espaciamiento máximo
Q	Calor que entra en el contenedor
U	Coefficiente general de transferencia térmica
T_o	Temperatura fuera del contenedor
T_c	Temperatura dentro del contenedor
P	Velocidad de proliferación por unidad de tiempo
B	Pendiente de la línea de regresión

GLOSARIO

Acuicultura	Es la actividad económica de producción de especies acuáticas, fundamentalmente peces, crustáceos y moluscos para fines de alimentación o preservación.
Cerqueros	Embarcaciones que pescan con redes de cerco y utilizan el sistema AMR para enfriar las capturas, especialmente de especies pelágicas.
Calor	El calor es una forma de energía; la adición o sustracción de calor es lo que da lugar a un cambio de temperatura o a una variación de fase, por lo tanto, resultará más fácil entender que decrece durante el enfriamiento si éste se concibe correctamente como una transferencia de calor y no como la adición de algo que se llama “frío”. El calor se puede medir, el “frío” no. La transferencia de calor ocurre en la dirección de la temperatura más baja.
Calor latente	El calor latente es la cantidad de calor que absorbe o genera una unidad de masa de un material durante una variación de fase. Así pues, existe un calor latente de licuefacción (cuando el hielo se transforma en agua), un calor latente de evaporación (cuando el agua se convierte en vapor) y un calor latente de sublimación (cuando el hielo se transforma en vapor).

En cada una de estas variaciones de fase se añade calor, mientras que en las variaciones inversas - transformación de vapor en líquido, de líquido en sólido o de vapor en sólido, se produce una eliminación o pérdida de calor.

Calor específico

El calor específico es el calor que da lugar a un cambio de temperatura. El calor específico de una sustancia es una medida de la cantidad de calor que es necesario suministrar a la unidad de masa de esa sustancia para elevar su temperatura un grado, siempre que no ocurra una variación de fase. El calor específico del agua pura es una caloría por gramo, en condiciones especificadas. El calor específico puede no ser un valor constante, sino variar, por ejemplo, según la temperatura. Además, sus valores pueden cambiar cuando se produce una variación de fase.

Conductividad térmica

El calor se transmite a través de las sustancias a velocidades diferentes. La propiedad que indica esta velocidad es la conductividad térmica. Esta es la tasa de transferencia térmica a través de una sección de material de 1 m² de superficie y un metro de espesor cuando la diferencia de temperatura es de 1°C. Las unidades son Kcal./m/m²h°C o, de manera simplificada, Kcal. / mh °C.

Conducción	La conducción es la transferencia térmica obtenida por contacto directo. El pescado que se enfría por contacto directo con el hielo experimenta una transferencia térmica por conducción.
Convección	La convección es la transferencia térmica causada por el movimiento natural o forzado de un fluido (líquido o gas). El pescado de una cámara de refrigeración se puede enfriar por transmisión térmica convectiva debido a la circulación del aire, ya sea natural o provocada por un ventilador. Análogamente, el pescado que se halla en agua de mar refrigerada se enfría por convección como consecuencia de la circulación por bombeo del agua refrigerada.
Estero	Estuario o desembocadura de un río.
Estiba	Colocación conveniente de la carga ya sea de una embarcación o del traslado por tierra del pescado, con relación a sus condiciones maríneas
Factores que influyen en las tasas de transferencia térmica	Ya sea que la transferencia de calor ocurra en estado estacionario, por ejemplo entre el aire exterior y un contenedor refrigerado, o en condiciones no estacionarias, por ejemplo entre el hielo y el pescado que se está enfriando, los factores que influyen en ella son muy parecidos. La tasa aumenta con los incrementos de la diferencia de temperatura, de los

coeficientes de transferencia térmica y de las áreas de superficie.

Gradiente Pendiente, declive. Que al hablar de temperatura nos indica la rapidez con que se gana o pierde calor.

Halibut Especie de pescado que se ubica generalmente en aguas tropicales.

Inocuo Todo aquello que no hace daño.

Ley de la pérdida térmica de Newton La velocidad de enfriamiento de un cuerpo caliente que está perdiendo calor por radiación y por convección natural es proporcional a la diferencia de temperatura entre ese cuerpo y su entorno. En términos prácticos, esto significa que cuando se enfría pescado con hielo, la velocidad de enfriamiento será mayor al comienzo, cuando la diferencia de temperatura es más marcada, que un tiempo después, cuando la temperatura del pescado haya disminuido.

Lixiviación Disolver en agua una sustancia alcalina.

Magro Delgado, sin grosura.

Pelágicas Del mar. Dícese de los animales y plantas que flotan en el mar.

Radiación	La transferencia térmica por radiación desde una fuente de calor hacia un cuerpo se efectúa sin que se caliente el espacio intermedio y sin necesidad de un material intermedio. El pescado que permanece descubierto al aire libre absorbe el calor irradiado por el sol; y el que está expuesto a una fuente luminosa en un espacio cerrado también experimenta una transferencia térmica radiante.
Refrigerante	Sustancia químicamente tratada que se utiliza para moderar el calor de un fluido.
Sublimación	Es posible que un material experimente dos variaciones de fase al mismo tiempo o, expresado de manera más correcta, que omita la fase intermedia, pasando por ejemplo, de sólido a vapor. Si el hielo se transforma directamente en vapor sin convertirse primero en líquido, esta doble variación de fase se denomina sublimación. La sublimación ocurre también cuando el pescado congelado se deshidrata durante el almacenamiento refrigerado a bajas temperaturas.
Transferencia térmica	Si una sustancia experimenta un cambio de temperatura o una variación de fase, significa que ha ocurrido una transferencia térmica. El calor se transmite básicamente de tres formas: por conducción, convección y radiación. En la práctica, en la mayoría de las situaciones en que se produce una transferencia térmica intervienen dos de estas formas de transmisión de calor, o incluso las tres.
Vaho	Vapor tenue que se eleva de una cosa.

Variación de fase

Las fases en que puede existir un material son tres: como sólido, como líquido o como vapor o gas. Cuando el agua se congela y forma hielo, experimenta una variación de fase. Lo mismo ocurre cuando el agua se evapora y forma vapor. El hielo que se funde y el vapor que se condensa producen agua.

RESUMEN

La industria alimentaria es un campo muy delicado en cuanto a calidad se refiere, en el caso de la preservación del pescado, con la conservación de las características del mismo se logrará un producto final de calidad. Lo anteriormente mencionado, se llevará a cabo aplicando un proceso tecnológico y un manejo adecuado en la producción de un hielo especial que conserve dichas características.

La razón por la que se debe conocer todo método y las especificaciones técnicas del hielo, es porque considero importante que se busque la ampliación de los mercados de Transflex, ya que al desarrollar y manejar otros tipos de hielo, se deberá considerar la fabricación del que reúna las características propias para la mejor conservación del pescado, creando así nuevos clientes, en los segmentos de: pesquerías, supermercados, mercados, cevicherías, etc.

Las ventajas que se presentaran más a fondo en este estudio, podemos mencionar que el hielo cuando se le compara con otros métodos de enfriamiento, incluyendo refrigeración con aire, no pierde propiedades como su capacidad de enfriamiento, ya que su calor latente de difusión es alto, lo que significa que es necesaria una cantidad relativamente pequeña de hielo para conservar pescado, dándonos cuenta que cuando este se derrite, compensa toda pérdida térmica. Entre otras ventajas están:

- Es un método portátil de enfriamiento y puede ser fácilmente almacenado, transportado y usado. Dependiendo del tipo de hielo, puede ser distribuido uniformemente alrededor del pescado.

- La materia prima para producir hielo se encuentra ampliamente disponible. Teniendo cuidado que cuando no exista seguridad de que el agua fresca para producir el hielo posea los estándares del agua potable, deberá ser tratada apropiadamente, por ejemplo, mediante clorinación.
- Como seguimiento para este estudio se presenta el agua de mar como otra opción y que ésta si se utiliza limpia, también puede ser empleada para producir hielo. El hielo elaborado con agua de mar es usualmente producido en lugares donde el agua fresca es costosa o escasa. Sin embargo, debe recordarse que el agua de los puertos es difícilmente aceptable para este propósito.
- El hielo puede ser un método relativamente económico para preservar el pescado. Esto es particularmente cierto cuando el hielo es apropiadamente producido (evitando desperdicio de energía en la planta de hielo), almacenado (para evitar pérdidas) y utilizado (no desperdiciado).

Dentro de los cálculos que se observaran más adelante se encontrará la posibilidad de manipular el pescado con menor cantidad de hielo, mejora de la eficiencia en los métodos y economía para la manipulación del pescado fresco (mayor volumen disponible para el pescado en contenedores, camiones y cuartos fríos, menos peso que transportar y manipular, reducción del consumo de hielo, menor consumo de agua y menor drenaje de agua).

Dependiendo del volumen, del diseño y esquema de control de los sistemas de refrigeración mecánicos que posee la planta en cuestión, pueden aparecer diferentes gradientes de temperatura en el cuarto de enfriamiento y en los sistemas de refrigeración con agua, pudiéndose obtener pescado congelado

muy lentamente en una esquina y pescado por encima de 5°C en la otra, para lo cual se introduce en estudio toda parte mecánica del equipo y su mantenimiento.

La pérdida de uniformidad en la calidad puede reducirse manteniendo a su vez las condiciones optimas en la infraestructura del edificio, para lo cual se muestran estudios de iluminación, ventilación, piso y equipo adecuado, ya que puede verse afectada por el clima que presenta Guatemala, que es netamente tropical.

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar los métodos adecuados para la producción, uso y manejo de hielo destinado a la conservación del pescado.

ESPECÍFICOS

1. Establecer las especificaciones técnicas de fabricación de los diferentes tipos de hielo.
2. Calcular los requerimientos de hielo y las pérdidas durante el almacenamiento.
3. Realizar un análisis de los factores que influyen en el deterioro del pescado.
4. Establecer criterios de mantenimiento del equipo empleado en la línea de producción del hielo.
5. Determinar el equipo para lograr una eficiente medición de la temperatura donde se requiera.
6. Hacer un análisis de las instalaciones actuales de la planta de referencia y proponer mejoras que permitan aumentar su producción.

INTRODUCCIÓN

Dado el desarrollo industrial por el que cruza el país, considero que es importante conocer dentro de la industria alimentaria que las carnes tienen diferentes tiempos de descomposición, en este caso, la carne del pescado será parte central del proyecto, ya que a continuación se especificaran los métodos adecuados, manejo y uso del hielo para su conservación.

Antes que nada debemos conocer que después de la captura y muerte del pescado, éste sufre inmediatamente un deterioro, la velocidad de degradación es más elevada que la de otros tipos de carnes. Este proceso de degradación, es llevado a cabo en una primera etapa, por enzimas propias del músculo del pescado y posteriormente por enzimas producidas por los microorganismos que ingresan al músculo. La velocidad de deterioro varía según las especies dependiendo de diversos factores, tales como tamaño, estado fisiológico, métodos de captura, medios de conservación, temperatura, tipo de instalación de la planta donde se maneja, etc.

Estos cambios bio-químicos que experimenta el pescado, da lugar a cambios en el tiempo de deterioro y por consiguiente diferentes grados de frescura, que son de importancia para la aceptación de la calidad del pescado cuando se lo utiliza como materia prima para la elaboración de productos que serán enlatados o para consumo humano directo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Producción pesquera nacional

Es importante para la implementación de nuevos métodos de conservación del pescado a través de hielo conocer cual es la producción pesquera nacional para determinar si se posee un mercado favorable o viable para satisfacer los fines de la empresa productora de hielo.

Actualmente, el mercadeo de productos pesqueros se efectúa en diferentes canales de distribución, dependiendo de su destino, el pescado y el camarón por ejemplo, que se captura por la flota de gran escala y producido por la camaronicultura y cooperativas, va directamente del lugar de desembarque a la planta de proceso que es parte de la misma empresa regularmente y luego al mercadeo interno y externo que se identifican como Estados Unidos, México y Europa, para lo cual no existe problema operativo de ninguna índole en su exportación. Sin embargo, en nuestro país no contamos con información confiable sobre la cantidad de mano de obra disponible y apta para la actividad pesquera, lo cual produce un porcentaje incierto o inexacto respecto a la producción total anual que se pueda tener, por ejemplo, para los últimos cinco años se estima que en esta ocupación se tiene de manera directa a 14, 000 personas y de manera indirecta a otros 10,000 provenientes de las empresas colaterales que se han ido incorporando a la actividad pesquera y acuícola.

El ámbito que presenta mayores necesidades ocupacionales y necesidades de capacitación es el de la pesca artesanal que incluye un importante componente femenino que son sostenedoras completas o compartidas de su hogar.

En lo referente al pescado y su pesca, se conoce que en los últimos años la flota en mediana escala utiliza redes de arrastre a media agua, redes de cerco a media agua, líneas de mano y redes agalleras de hasta 400 metros. Utilizan tecnología de detección altamente sofisticada que va desde la ecosonda de pantalla, el navegador por satélite hasta el sonar.

La flota de pequeña escala no utiliza ningún instrumento para detección de recursos sino que su referencia son las embarcaciones mayores. Su tecnología de captura se limita a artes estacionarias entre los que predomina la red agallera de monofilamento, la línea con anzuelos o palangre y las cimbras.

En las aguas continentales las embarcaciones y su tecnología de captura son rudimentarias aspecto que abarca tanto las existentes en el Pacífico como en el Atlántico. Ahí la pesca se practica sin embarcaciones utilizando atarrayas, arpones, picas y chayos, y en el caso de embarcaciones estas consisten en cayucos de madera de hasta 15 pies de eslora accionados a remo, vara o motor fuera de borda no mayor de 15HP.

El sector pesquero artesanal y de pequeña escala se encuentra distribuido a nivel nacional de la siguiente manera:

Tabla I. Pesca artesanal.

LITORAL	No COMUNIDADES	No EMBARCACIONES	No PESCADORES	PESCADORES PROPIETARIOS DE EMBARCACIONES
PACIFICO	46	3892	7652	2915
ATLANTICO	23	1323	2617	1286
AGUAS INTERIORES	40	2725	4569	2593
TOTAL	109	7940	14838	6794

Fuente: UNIPESCA, *Actividad Pesquera en Guatemala*, Pág.3

Actualmente, la pesca artesanal se fortalece a través de la formación de grupos en el litoral del pacifico, habiendo formado ya 16 de estos, creando así consolidación y una buena organización que abre las puertas para que empresas como Transflex, S.A. pueda abrirse mercado dentro del comercio interno del hielo para preservar el pescado, aunque este podría ser su sector principal no se debe de dejar a un lado el incursionamiento dentro de la pesca industrial ya que esta muestra un desarrollo actual enfocado según las necesidades propias y comunes de las empresas y cooperativas, principalmente en aquellas que se rigen básicamente por la exportación de camarón y ciertas especies de pescado, las cuales se logra preservar con calidad y fresca a través del hielo adecuado y transportarlo a los diferentes destinos.

1.1.1. Fuentes de abastecimiento

Guatemala, por su ubicación geográfica, se puede determinar que su producción pesquera o fuente de abastecimiento se origina en los dos océanos: Pacífico y Atlántico, además de las aguas salobres adyacentes formadas por

esteros, playones y canales, y además de las aguas continentales formadas por los ríos y lagunas de todo el territorio de la república.

Lógicamente, la mayor cantidad procede del océano Pacífico, debido a que es allí donde operan las flotas pesqueras de las compañías que se ocupan de la pesca industrial, entre las que podemos mencionar a: Prodexgua, Productos Bonanza S.A., Sarstun S.A., entre otras; aunque realmente en el país, el fuerte o producto de mayor exportación es el camarón de cultivo, cangrejo, sardinas y langosta, las empresas dentro de radio de acción aprovecha parte de su esfuerzo obligadamente en la producción de pescado. Inclusive, muchas de las compañías tienen como subsidiarias a empresas comerciales locales que abastecen de productos pesqueros el mercado de los principales centros de consumo y dentro de sus actividades incluyen sus puestos propios de distribución y entrega a los detallistas (supermercados).

La otra fuente de producción es la que procede de los pescadores artesanales y de las cooperativas. Dentro de la última, ya se nota en el mercado la influencia de la pesca marítima, ya que varias de ellas abastecen sus productos directamente a hoteles, restaurantes y parte de los detallistas.

Muchos de los mercados capitalinos se abastecen a través de la pesca artesanal que opera en playas y esteros, además de los muchos estratos sociales de medianos y bajos ingresos que se abastecen de pequeños pescadores individuales. Lamentablemente no se ejerce sobre esta un control estatal y de allí que las condiciones en que se transportan y expenden los productos, adolece de medidas higiénicas y sanitarias, que en muchas ocasiones expone al público a los peligros de productos contaminados o descompuestos, generalmente estos no llegan a los detallistas sino a expendios populares que lo hacen llegar directamente a los consumidores y por esta y

muchas otras razones es que a través de este estudio se busca encontrar que cada individuo que trabaje con el pescado obtenga un hielo adecuado para sus necesidades y evitar casos como enfermedades, producto perdido, etc.

En cuanto al consumo de peces de agua dulce, tanto de lagos como de ríos es bastante limitado, pues el consumo aparente per - capita no llega a más de 112 kilogramos por año, según estadísticas realizadas por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (I.N.C.A.P.). La pesca total anual en aguas continentales llega de 445718.9182 a unos 832180.6732 kilogramos por año, pero se estima que existe un potencial de 3.54 millones de kilogramos actualmente, que podría ser aprovechado si se mejoran los métodos de captura y a la vez se motivara a la población del interior del país a consumir con mayor frecuencia carnes de pescado, cosa que solo podría lograrse mediante la superación de los servicios estatales, con una organización capaz, que se encargue de incrementar la pesca, para ir sustituyendo las carnes de ganado, de precios elevados, por carnes de pescado a bajo precio.

En cuanto a la piscicultura, en las instalaciones que posee la División de Fauna en varios lugares del país, pueden llegar a producir entre 5 y 7 millones de alevines de las especies tanto nativas como exóticas que son susceptibles de cultivarse con éxito para ser distribuidas a agricultores interesados en crianza de peces para habilitar charcas o embalses, labor que podría intensificarse en el altiplano, donde existen mayores núcleos de población que no consume suficiente proteína de origen animal por ser estratos de bajos recursos. Se puede tomar como ejemplo a países europeos y asiáticos que se abastecen de pescado, criado en esa forma, con lo cual balancean su alimentación.

Referente a la pesca se pueden diferenciar bien dos tendencias con características completamente opuestas:

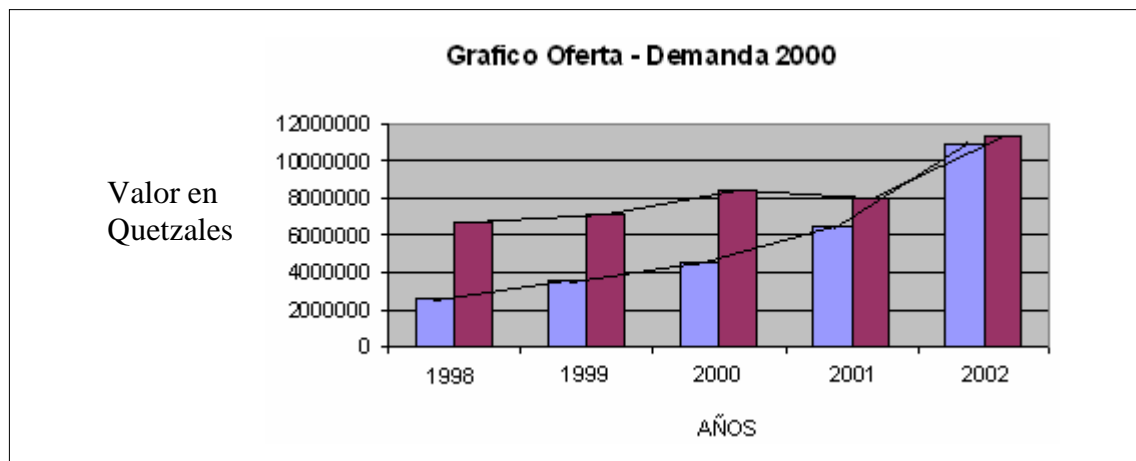
- a. La pesca artesanal es aquella que se realiza en aguas poco profundas, utilizando aparatos sencillos y hasta rudimentarios para pescar, que generalmente es practicada por personas aledañas al lugar y de muy bajos recursos.
- b. La pesca industrial, el otro caso, con barcos especiales, que se restringe casi exclusivamente al camarón, pero ha ido mejorando gracias a que quienes la han promovido cuentan con suficiente capital y otros medios para realizarla. La finalidad principal es la pesca de camarón y pescado que se procesa en plantas especiales y en envases adecuados con uso de refrigeración (hielo y cámaras frigoríficas), y es destinada a países como Estados Unidos como mayor consumidor y el Salvador como segundo. Por lo que podemos decir que existe una marcada diferencia entre las pesquerías que abastecen el mercado interno cuyo atraso es evidente y el que surte al mercado externo cuyo adelanto tecnológico es notorio, hechos que se pueden notar en los propios pescadores.

1.1.2. Oferta y demanda

En lo que respecta a la oferta, los estudios existentes que tratan sobre la comercialización de pescado y en general productos de mar, están de acuerdo en que la demanda de estos productos en el mercado local está muy por arriba de la oferta, como se puede apreciar en la figura siguiente. Aunque los precios

a que se ofrecen son relativamente altos se estima que la proporción de la demanda, es dos veces mayor que la oferta.

Figura 1. Valores de la oferta y la demanda para el año 2000.



Fuente: UNIPESCA, Área de registro y control estadístico.

La oferta se basa en los productos que proceden de 3 fuentes:

- a. La pesca industrial.
- b. La pesca de las cooperativas
- c. La pesca artesanal.

Las cantidades que se tienen registro son de las dos primeras, de la artesanal se carece de datos, pero se le da un estimado, como en aparece en la siguiente tabla:

Tabla II. Oferta anual de productos de pesca.

Procedencia	Cantidad en kilogramos
Pesca Industrial	690 000 a 782 000
Pesca de Cooperativas	20700 a 25300
Pesca Artesanal (estimado)	43700 a 48300

Fuente: UNIPESCA, **Proyecto de pesca marítima**, 1998.

1.1.3. Consumo interno

El producto para el consumo interno prácticamente no tiene ninguna elaboración ya que se sirve al mercado en fresco y una menor parte en congelados.

Los grados de calidad y sanidad son variables de acuerdo al estrato de consumo al que se dirija. Así en los mercados cantonales el manejo es deficiente y el término de vida útil del producto es corto, en tanto que a cadenas de supermercados la calidad mejora por las exigencias que se imponen ya que el consumidor tiene más hábito de consumo y su nivel de ingreso es superior.

El consumo per capita estimado a nivel nacional es de 3.24 Kg. de acuerdo a lo que se establece en el documento de FAO, 2000, Actualización del Estado de la Pesca en Guatemala.

1.1.4. Importación y exportación

Dentro del comercio del producto marino que Guatemala destina al mercado internacional es en fresco y mayoritariamente congelado, las normas técnicas de sanidad y calidad son muy exigentes ya que son factores de precio y de estabilidad de ventas.

Los procesos para la elaboración del producto terminado son las tradicionales y su destino principal es el mercado de los Estados Unidos, Mexico, El Salvador y recientemente, varios países de Europa por el beneficio otorgado por la Union Europea a Guatemala en la Certificación de Plantas de Proceso para Exportación, a raíz de los problemas en ese mercado para los camarones, por efecto de la política proteccionista de la tortuga marina, la industria guatemalteca ha incursionado en el mercado europeo y asiático, logrando colocar camarón entero en Francia, España, Italia, Taiwan.

Para tener datos más claros acerca de lo que es la producción pesquera para la exportación o lo que Guatemala ha logrado exportar en los últimos años, se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla III. Repote de estadísticas de exportación de Guatemala para la partida 03 entre el año 2004 y el 2006

Producto	Destino	Año	Peso neto en Kg.	Valor en FOB
Sardinias, Sardinelas y espadines	El Salvador	2006	6,000.000	1,910.00
Escualos	U.S.A.	2005	96.360	2,120.00
	México	2004	60,000.000	18,000.00
Pargos	U.S.A.	2004	282,678.770	308,358.75
		2005	162,712.810	191,237.05
		2006	80,723.270	173,422.35
Dorados	El Salvador	2006	1,814.000	1,814.00
	U.S.A.	2004	405,976.750	1,064,687.23
		2005	211,341.000	1,507,179.81
		2006	342,723.000	1,661,794.44
	México	2004	127,550.000	83,134.00
		2005	158,024.000	176,000.00
		2006	194,208.000	245,708.00
Corvinas	El Salvador	2005	18,251.93	6,192.33
		2006	64,772.740	26,605.00
Róbalo	México	2005	25,000.000	45,900.00
		2006	6,000.000	12,000.00

Continúa

Otros	El Salvador	2006	125.000	1,613.01
	U.S.A.	2004	561.250	390.00
		2005	1,545.000	1,149.75
	Honduras	2006	187.000	1,381.18
	México	2004	2.000	7.00

Fuente: Agexpron, **Reportes Estadísticos Anuales**, Pág.3 y 4.

Si se efectuara una comparación entre volúmen producido y exportado es posible afirmar que, agregando la producción de la camaronicultura estimada en 3.64 millones de kilos, el 95% de la producción de camarón se exporta.

El consumo local se surte con el 5% restante, con la producción de la piscicultura rural que se estima en 165,600 Kg./año y de las importaciones que podrían situarse en 2 millones de kilogramos, lo que resulta en un total estimado de 3.04 millones de Kg. que indica un consumo aparente cercano a 3.24 Kilogramos/Habitante/Año.

Las importaciones que más se dan en Guatemala son las de producto pesquero fresco y enlatados que procede de El Salvador (ostras, conchas); Perú, Panamá, Costa Rica, España (productos enlatados) entre otros.

1.2. Preservación del pescado en hielo

Al utilizar el hielo como medio de enfriamiento del pescado se ofrecen numerosas ventajas, entre las que se puede mencionar:

- que tiene una capacidad refrigerante muy grande con respecto a un peso a volumen determinados,
- es inocuo,
- portátil y
- relativamente barato.

El hielo es especialmente apropiado para refrigerar pescado, porque permite un enfriamiento rápido, cuando se utiliza este método, la transferencia de calor se produce por contacto directo del pescado con el hielo, por conducción entre ejemplares adyacentes y por el agua de fusión que se desliza sobre la superficie del pescado. El agua de fusión fría absorbe calor del pescado y al fluir sobre el hielo se vuelve a enfriar, así pues, la mezcla íntima del pescado con el hielo no sólo reduce el espesor del estrato de pescado que se ha de enfriar, sino que promueve también esta interacción refrigerante convectiva entre el agua de fusión y el pescado.

Tan pronto como se coloca hielo sobre el pescado caliente, o a temperatura ambiente, que es lo más normal, el calor de éste fluye hacia el hielo y lo derrite, este proceso continúa mientras exista una diferencia de temperatura entre ambos, a condición de que haya suficiente hielo. Toda fusión que se produzca después se deberá al calor procedente de otras fuentes, por ejemplo del aire caliente circundante durante el posterior período de almacenamiento.

El hielo es, en sí mismo, un termostato, y como el pescado está constituido principalmente por agua, el hielo lo mantiene a una temperatura apenas superior al punto en que empezaría a congelarse. El punto de equilibrio en el

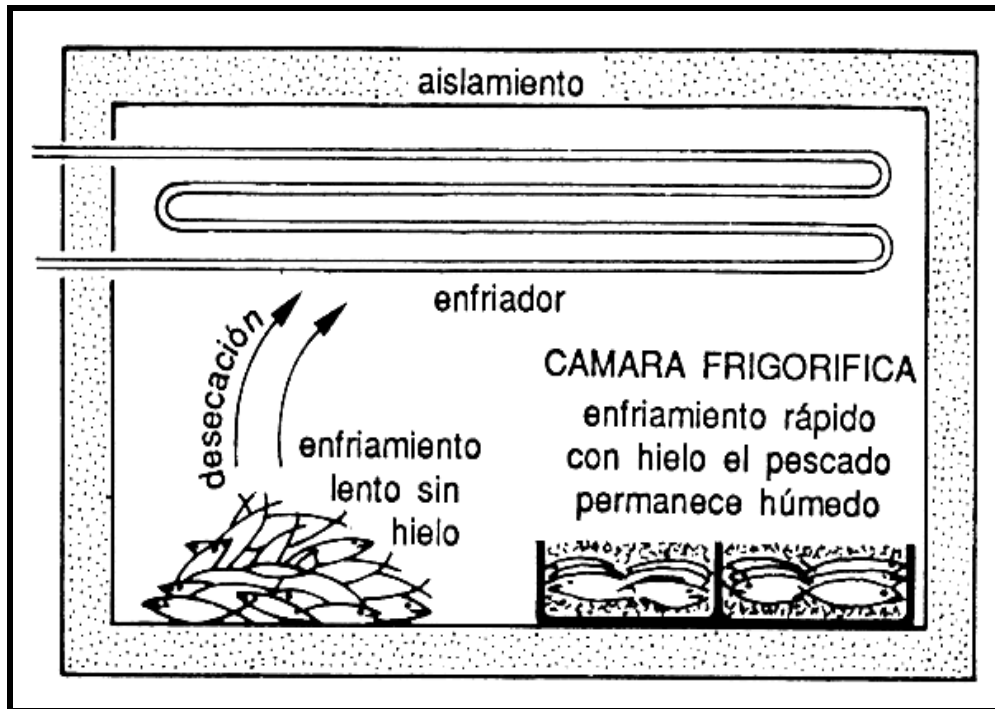
caso del pescado marino enfriado con hielo poco después de la captura se aproxima a $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, ya que la mezcla suele contener algo de sal y de sangre.

En la actualidad existen otros métodos para enfriar el pescado, aparte del uso de hielo. Por ejemplo, se le puede sumergir en agua helada, enfriarlo a través de ácido ascético o someterlo a una corriente de aire frío. El agua de mar enfriada por medios mecánicos (agua de mar refrigerada (AMR)) o mediante la adición de hielo (agua de mar enfriada (AME)) es otro medio adecuado para refrigerar rápidamente grandes cantidades de pescado ya sea pequeño, destazado o entero, pero son métodos que se utilizan especialmente a bordo de una embarcación de pesca y que para el estudio en cuestión no sería una opción adecuada.

Cuando se utiliza sólo aire frío, como sucede en las cámaras de enfriamiento, el calor que libera el pescado calienta rápidamente el aire y este aire caliente sube, se enfría por contacto con los serpentines del refrigerador, y vuelve a bajar hacia el pescado por convección natural o por circulación forzada. No se requiere mucho calor para calentar el aire; se necesita 10,000 veces más calor para fundir un cierto volumen de hielo machacado que para calentar un volumen idéntico de aire de 0°C a 0.5°C . Por lo tanto, es importante recordar que para que el enfriamiento por aire sea eficaz debe haber una buena circulación de aire frío sobre el pescado.

Sin embargo, incluso cuando las cámaras frigoríficas están dotadas de un ventilador, es difícil alcanzar las altas velocidades de refrigeración que se pueden conseguir con el hielo y con el agua de mar enfriada. Esto lo podemos apreciar en la siguiente figura.

Figura 2. El pescado conservado en cámaras frigoríficas necesita hielo.



Fuente: FAO, Documento de Pesca, Pág. 13

Otro inconveniente del enfriamiento con aire es que, al no emplearse hielo, el pescado se deshidrata. El movimiento continuo del aire hace evaporar el agua de la superficie del pescado y la deposita como escarcha o vaho en los serpentines del evaporador. Además, en algunas partes de la cámara de refrigeración el aire estará más frío que en otras. El pescado que se halla en los sitios fríos, por ejemplo cerca del evaporador, puede llegar a congelarse, a pesar de que el termostato, situado en otro lugar de la cámara, esté fijado en un punto superior al de congelación.

Algo muy importante que se debe notar es que la congelación lenta del pescado puede ser perjudicial, pudiendo alterar su aspecto, sabor y textura.

1.2.1. Duración del pescado en hielo

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. Es necesario tener algunos conocimientos sobre el modo en que se producen estas alteraciones, con objeto de poder aprovechar al máximo la refrigeración como medio para mantenerlas al margen y prolongar su preservación.

Una serie importante de alteraciones es causada por las enzimas del pez vivo que permanecen activas después de su muerte.

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.

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 pero no producen ningún daño, porque la resistencia natural del pez sano las mantiene al margen. 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.

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 los róbalo pueden dar lugar a la aparición de olores y sabores a rancio.

Así pues, la putrefacción es un proceso natural una vez que ha ocurrido la muerte, pero la refrigeración por medio de hielo puede frenar este proceso y prolongar la duración útil del pescado como alimento.

Por lo general, todos los tipos de pescado se alteran de manera muy parecida, distinguiéndose cuatro fases de putrefacción. El bacalao, por ejemplo, se conserva en hielo alrededor de 15 días antes de volverse incomedible, y este período se puede dividir aproximadamente en lapsos sucesivos de 0 a 6, de 7 a 10, de 11 a 14 y de más de 14 días.

En la primera fase apenas hay deterioro, como no sea una ligera pérdida del sabor y olor naturales o característicos. En la segunda fase tiene lugar una pérdida considerable de sabor y olor. En la tercera fase, el pescado comienza a tener un sabor a rancio, su aspecto y textura empiezan a mostrar señales evidentes de deterioro y las branquias y la cavidad ventral huelen mal. Todas estas alteraciones, que en las últimas etapas del almacenamiento se deben casi por completo a las bacterias, ocurren a un ritmo cada vez mayor hasta el día 15, en que comienza la fase cuarta, el pescado está podrido y por lo general se considera incomedible.

Otras especies con distintos tiempos de conservación pueden presentar diferencias en cuanto a la duración de las fases de putrefacción, pero el patrón general será parecido e incluso los ejemplares de una misma especie pueden estropearse a ritmos diferentes, ya que en la calidad de la conservación influyen factores tales como el método de captura, el emplazamiento de los caladeros, la estación del año, el contenido de grasa y la talla del pescado.

Casi todos los estudios sobre la putrefacción del pescado se efectúan en condiciones controladas; sus resultados son de esta manera más específicos

que los que se obtendrán en la mayoría de las situaciones comerciales, en que las condiciones pueden ser variables. Por lo mismo, los datos utilizados sobre la duración en almacén deben tomarse con discreción, siendo conveniente, en la mayoría de los casos, considerarlos como valores máximos.

Pese a estas limitaciones, la duración en almacén ha sido debidamente estudiada y documentada en muchos casos, y se han sacado varias conclusiones de carácter general. Normalmente, el pescado plano dura más que el de forma redondeada; el pescado de carne roja se conserva mejor que el de carne blanca; el magro dura más que el graso, y los teleósteos (óseos) más que los elasmobranquios (cartilaginosos).

Hay abundantes referencias a la prolongada duración en almacén de ciertas especies tropicales, en comparación con el pescado de aguas templadas o más frías. Otro factor que dificulta las comparaciones es el uso de diferentes criterios para definir el límite de la duración en almacén, y como hay relativamente pocos estudios sobre el deterioro de las especies tropicales enfriadas con hielo, no siempre es posible hacer comparaciones directas.

En ausencia de información concreta sobre la duración en almacén, un simple experimento de conservación permite establecer cuánto tiempo puede durar una especie en hielo, para ello hay que cumplir con todas las condiciones pertinentes al período de almacenamiento; si hay probabilidades de cambios estacionales, habrá que introducir los ajustes necesarios, o repetir los experimentos en el momento oportuno o en condiciones simuladas.

Aunque la información al respecto es limitada, se cree que las pautas generales de deterioro del pescado de agua dulce son similares a las de las especies marinas, si bien su duración en almacén suele ser más prolongada.

1.2.2. Efecto de la temperatura sobre la putrefacción

Existen tres medios importantes para prevenir una descomposición demasiado rápida del pescado:

- a. el cuidado,
- b. la limpieza y
- c. el enfriamiento.

El cuidado durante la manipulación es esencial, puesto que los daños innecesarios pueden facilitar, a través de cortes y heridas, el acceso de las bacterias de la putrefacción, acelerando de este modo su efecto sobre la carne. La limpieza es importante desde dos puntos de vista:

- Las fuentes naturales de bacterias pueden eliminarse en gran parte poco después de la captura del pescado eviscerándolo y suprimiendo por lavado la mucosidad de la superficie; y
- Las probabilidades de contaminación se pueden reducir al mínimo asegurando que el pescado se manipule siempre de manera higiénica. **Pero lo más importante es enfriar el pescado lo antes posible y mantenerlo refrigerado.**

La velocidad con que se desarrollan las bacterias depende de la temperatura, de hecho, este es el factor más importante para frenar la velocidad de descomposición del pescado; cuanto mayor es la temperatura, tanto más rápidamente se multiplican las bacterias, que se alimentan de la carne del pez muerto.

Si la temperatura es suficientemente baja, la acción bacteriana se detiene totalmente; el pescado congelado que se guarda a una temperatura muy baja, por ejemplo de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, permanece comestible durante períodos muy prolongados, debido a que las bacterias mueren o quedan completamente inactivadas, y las otras formas de putrefacción avanzan con suma lentitud. Sin embargo, a una temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ todavía pueden seguir proliferando algunas clases de bacterias, pero a un ritmo muy lento. Por tanto, para una conservación prolongada, de muchas semanas o meses, es necesario recurrir a la congelación y al almacenamiento frigorífico.

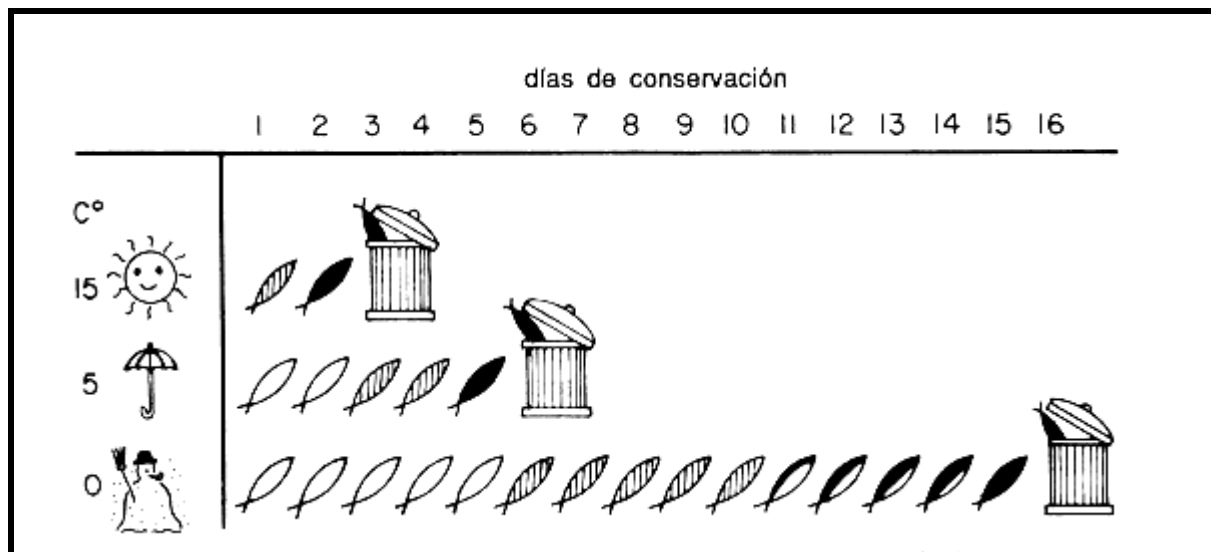
No es posible mantener pescado no congelado a una temperatura bastante baja como para detener la acción bacteriana por completo, ya que el pescado comienza a congelarse a alrededor de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero es conveniente mantenerla lo más cerca posible de dicho valor, con el fin de reducir la putrefacción. El modo más sencillo y eficaz de conseguirlo es utilizando abundante hielo, que, si está hecho con agua dulce limpia, funde a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A temperaturas no muy superiores a la del hielo fundente, las bacterias se vuelven mucho más activas y, como consecuencia, el pescado se descompone más de prisa. Por ejemplo, el pescado con una duración en almacén de 15 días a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ se conservará 6 días a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y sólo unos dos días a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, después de lo cual se hace incomedible.

Las alteraciones químicas que contribuyen a la putrefacción del pescado también pueden frenarse rebajando la temperatura; por consiguiente, no se insistirá nunca demasiado en que la temperatura es el factor más importante que determina la velocidad a la que se descompone el pescado.

En la figura siguiente observaremos el efecto de la temperatura sobre el deterioro de pescado magro de aguas templadas como las que encontramos en el pacifico del país de Guatemala:

Figura 3. Conservación del pescado según la temperatura.



Fuente: FAO, Documento de pesca, Pág. 7

2. EVALUACIÓN Y ESTUDIO

2.1. Especificaciones del hielo

Para comprender por qué el hielo es tan útil para el enfriamiento del pescado, es necesario examinar en primer lugar la naturaleza y las propiedades del hielo y conocer los principios sencillos y los términos técnicos.

Cuando el agua se congela a 0°C, experimenta una variación de fase, es decir, se transforma de un líquido en un sólido, conocido por todos con el nombre de hielo. Para convertir el agua en hielo es necesario quitarle una cierta cantidad de calor, y para que éste vuelva a fundirse hay que añadirle la misma cantidad de calor, la temperatura de una mezcla de hielo y agua no aumenta por encima de 0°C hasta que se haya derretido todo el hielo.

Una determinada cantidad de hielo requiere siempre la misma cantidad de calor para su fusión; **un Kilogramo de hielo necesita 80 Kcal.** para convertirse en agua. Así pues, el calor latente de fusión del hielo es de 80 Kcal./Kg., esta cantidad de calor es siempre igual para el hielo hecho de agua pura, y varía muy poco para el hielo fabricado con agua dulce de casi cualquier procedencia comercial.

El hielo necesita una gran cantidad de calor para fundirse, o dicho de otro modo, tiene una reserva considerable de “frío”, y esta es una de las razones por las que se emplea tanto en la industria pesquera para enfriar el pescado.

El agua químicamente pura es un líquido inodoro e insípido; incoloro y transparente en capas de poco espesor, toma color azul cuando se mira a través de espesores de seis y ocho metros, porque absorbe las radiaciones rojas (sus constantes físicas sirvieron para marcar los puntos de referencia de la escala termométrica Centígrada). A la presión atmosférica de 760 milímetros el agua hierve a temperatura de 100 °C y el punto de ebullición se eleva a 374 °C, que es la temperatura crítica a que corresponde la presión de 217.5 atmósferas; en todo caso el calor de vaporización del agua asciende a 539 calorías/ gramo a 100°C.

Mientras que el hielo funde en cuanto se calienta por encima de su punto de fusión, el agua líquida se mantiene sin solidificarse algunos grados por debajo de la temperatura de cristalización (agua sub-enfriada) y puede conservarse líquida a -20°C en tubos capilares o en condiciones extraordinarias de reposo.

La solidificación del agua va acompañada de desprendimiento de 79.4 calorías por cada gramo de agua que se solidifica, cristaliza en el sistema hexagonal y adopta formas diferentes, según las condiciones de cristalización.

A consecuencia de su elevado calor específico y de la gran cantidad de calor que pone en juego cuando cambia su estado, el agua obra de excelente regulador de temperatura en la superficie de la tierra y más en las regiones marinas, lo cual es imperante al momento de utilizarla como hielo para la preservación del pescado.

El agua se comporta anormalmente; su presión de vapor crece con rapidez a medida que la temperatura se eleva y su volumen ofrece la particularidad de ser mínimo a la de 4 °C, a dicha temperatura la densidad del agua es máxima, y se toma por unidad. A partir de 4 °C no sólo se dilata cuando la temperatura se eleva, sino también cuando se enfría hasta 0 °C, a esta temperatura su

densidad es 0.99980 y al congelarse desciende bruscamente hacia 0.9168, que es la densidad del hielo a 0 °C, lo que significa que en la cristalización su volumen aumenta en un 9%.

Dentro de las propiedades químicas del agua se pueden mencionar las siguientes:

- a. Reacciona con los óxidos ácidos.
- b. Reacciona con los óxidos básicos.
- d. Reacciona con los metales.
- e. Reacciona con los no metales.
- f. Se une en las sales formando hidratos.

Para comprender un poco más acerca de las especificaciones del hielo y del agua para su producción podemos observar el cuadro comparativo a continuación.

Tabla IV. Especificaciones del hielo y el agua.

PARA EL AGUA PURA:

PROPIEDAD	UNIDAD METRICA	OBSERVACIONES
Densidad a 15 °C	1 Kg./l 1 t/m	El agua pura aumenta de densidad a medida que desciende la temperatura hasta llegar a 4°C, que es cuando alcanza su

Continúa

		mayor densidad (1kg/l). Para los cálculos prácticos en la fabricación de hielo, puede admitirse sin problemas una densidad del agua de 1 Kg./l.
Calor específico	1.0 Kcal./Kg.*°C	
Calor latente de fusión	80 Kcal./Kg.	
Conductividad térmica (a 10°C)	0.5 Kcal./ Kg.	
Punto de Congelación	0 °C	
Punto de ebullición	100 °C	

PARA EL HIELO:

Propiedad	Unidad Métrica	Observaciones
Densidad		
Hielo de agua dulce	0.92 kg./l	A 0°C
Hielo de agua de mar	0.86-0.92 t/m ³	Depende de la salinidad y de la cantidad de aire atrapada.
Calor Especifico 0°C -20°C	0.49 0.46	Para calcular la cantidad de hielo que se necesita emplear con el pescado es

Continúa

		suficientemente exacto un valor de 0.5. el calor específico de hielo de agua de mar puede ser mucho mayor cerca del punto de fusión.
Calor latente de fusión	80 kcal. / Kg.	
Conductividad térmica	Kcal./m*h*°C	
0°C	1.91	
-10°C	1.99	
-20°C	2.08	
Punto de fusión	0°C	El punto de fusión del hielo de agua de mar es indeterminado, porque el contenido salino rara vez es uniforme en todo el hielo, pero debería ser, por término medio, de alrededor de -2°C.
Índices de estiba	M ³ /t	
Hielo en bloque	1.4	
Hielo en escama	2.2 – 2.3	
Hielo en tubos	1.6 – 2.0	
Hielo en placas	1.7 – 1.8	

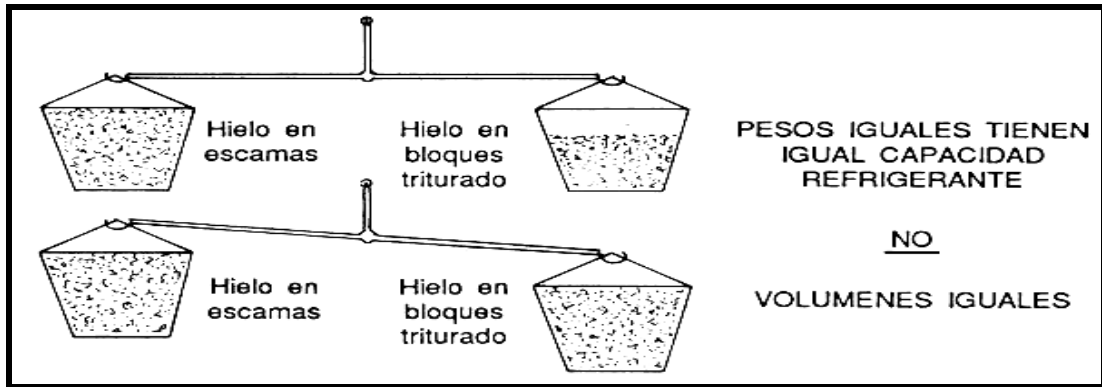
Fuente: Charles E. Mortimer, **Química**, Pág. 224 – 231.

Con frecuencia se discute si el hielo fabricado en un cierto recinto es mejor que el fabricado en otro; si el hielo natural es mejor que el artificial; si el de agua dulce es mejor que el de agua de mar; o si el hielo almacenado es peor que el recién hecho. También se discute acerca de los méritos de los distintos tipos de hielo que se pueden fabricar: machacado, en escamas, en tubos, fundente, etc.

Las diferencias entre los hielos de agua dulce de distinta procedencia son tan pequeñas que carecen de importancia para quienes emplean el hielo para refrigerar pescado. El hielo obtenido con agua de la cañería tiene la misma potencia refrigerante que el que se fabrica con agua destilada, y el hielo fabricado tres meses antes es tan eficaz como el recién hecho.

Sin embargo, es conveniente mantener en mente algo que es muy importante, si una parte del hielo se ha convertido ya en agua, habrá perdido mucho de su valor, y una mezcla de hielo y agua no debe compararse nunca con un peso igual de hielo solo. Hay que recordar también que las comparaciones entre diferentes tipos de hielo deben referirse a pesos iguales; dos cantidades de hielo aparentemente iguales pueden tener igual volumen pero diferente peso, y un metro cúbico de hielo en escamas tiene una capacidad refrigerante mucho menor que, por ejemplo, un metro cúbico de hielo en bloques triturado. Observémoslo en la siguiente figura.

Figura 4. Pesos iguales de hielo tienen la misma capacidad refrigerante.



Fuente: FAO, Documento de pesca, Pág.16

Dentro de ciertos límites, cuando el hielo está íntimamente mezclado con el pescado, el tamaño de las partículas de hielo no supone ninguna diferencia importante en cuanto a la velocidad de fusión ni tampoco en cuanto a la rapidez con que se enfría el pescado. Sin embargo, si se utiliza hielo en bloques machacado en forma de trozos más grandes, los tiempos de enfriamiento serán probablemente más largos, debido al escaso contacto entre el hielo y el pescado.

El hielo constituido por trozos de diferentes formas como consecuencia del método de fabricación también puede tener características un tanto distintas.

El hielo obtenido con agua dura tiene las mismas propiedades de enfriamiento que el fabricado con agua blanda, aunque las partículas del primero tienden a veces a permanecer más adheridas entre sí durante la fusión que las del segundo.

2.2. Cantidad del hielo necesario

Las necesidades de hielo se pueden calcular, si se conocen las condiciones operativas, estas condiciones suelen ser variables y no repetitivas. Por lo tanto, habrá que realizar una serie de ensayos, en las condiciones operativas, para establecer las proporciones correctas de hielo que permitirán enfriar el pescado y mantener las temperaturas de refrigeración durante todo el período de almacenamiento que se desee.

Los valores calculados para el uso de hielo representan una información valiosa en las fases de planificación y diseño, y ayudan también a comprender mejor los efectos relativos de los diversos elementos que influyen en la velocidad de fusión del hielo.

Además, al haber examinado todas las posibilidades y calculado las necesidades de hielo, se podrá dar un juicio mejor fundado a la hora de seleccionar el equipo y los procedimientos que se han de utilizar.

Para determinar las necesidades de hielo, es preciso calcular la cantidad requerida para enfriar el pescado y también la cantidad necesaria para mantenerlo refrigerado durante todo el período de almacenamiento. Además, hay que tener en cuenta las posibles pérdidas y otros imprevistos, a fin de determinar el volumen total de hielo que habrá que fabricar.

2.2.1. Cálculo del hielo necesario para enfriar el pescado

La masa de hielo necesaria para enfriar el pescado desde la temperatura inicial hasta la temperatura final de conservación puede calcularse a partir de una expresión que compara el calor absorbido por el hielo, en el miembro

izquierdo de la ecuación, con el calor perdido por el pescado, en el miembro derecho de la misma, siendo esta:

$$(Mh) (Lh) = (Mp) (Cep) (T_i - T_f)$$

Fuente: FAO, **Documento de pesca**, Pág.18

Donde:

Mh = la masa de hielo que se funde (Kg.)

Lh = el calor latente de fusión del hielo (80 Kcal. /Kg.)

Mp = la masa del pescado (Kg.)

Cep = el calor específico del pescado (Kcal. /kg°C)

T_i = la temperatura inicial del pescado (°C)

T_f = la temperatura final del pescado (°C)

Partiendo de la ecuación anterior, la necesidad de hielo será:

$$Mh = [(Mp) (Cep) (T_i - T_f)] / (Lh)$$

El calor específico del pescado es de aproximadamente 0.8 Kcal. /Kg. °C, valor que debe utilizarse cuando se trate de un a mezcla de especies o cuando exista la posibilidad de que todo el pescado sea de tipo magro. Sin embargo, el valor del calor específico puede calcularse también de forma más precisa, teniendo en cuenta las variaciones en el contenido de aceite del pescado, y este valor perfeccionado puede utilizarse cuando la composición del pescado a almacenar sea razonablemente homogénea.

La ecuación es entonces:

$$\text{Cep} = 0.5 \text{ XI} + 0.3 \text{ Xs} + 1.0 \text{ Xa}$$

Fuente: FAO, **Documento de pesca**, Pág.18.

Donde:

Cep = el calor específico del pescado (Kcal. /Kg.)

XI = la proporción de lípidos (aceite) de la masa

Xs = la proporción de sólidos de la masa

Xa = la proporción de agua de la masa

Para ilustrar el efecto del contenido de lípidos sobre la cantidad de hielo requerida para la refrigeración, utilizaremos la siguiente comparación entre pescado magro y graso.

Ejemplo (magro):

100 Kg. de pescado magro con un 1 % de lípidos, 19 % de sólidos y 80 % de agua a una temperatura inicial de 20 °C.

$$\begin{aligned} \text{Cep} &= (0.5 \times 0.01) + (0.3 \times 0.19) + (1.0 \times 0.8) \\ &= 0.862 \text{ kcal. / kg. } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{Mh} = [100 * 0.862 * (20 - 0)] / 80$$

Mh = 21.55kg. de hielo.

Ejemplo (graso):

100kg. de pescado graso con un 21 % de lípidos, 19 % de sólidos y 60 % de agua a una temperatura inicial de 20°C.

$$\begin{aligned}Cep &= (0.5 \times 0.21) + (0.3 \times 0.19) + (1.0 \times 0.6) \\ &= 0.762 \text{ kcal. / kg. } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$Mh = [100 * 0.757 * (20 - 0)] / 80$$

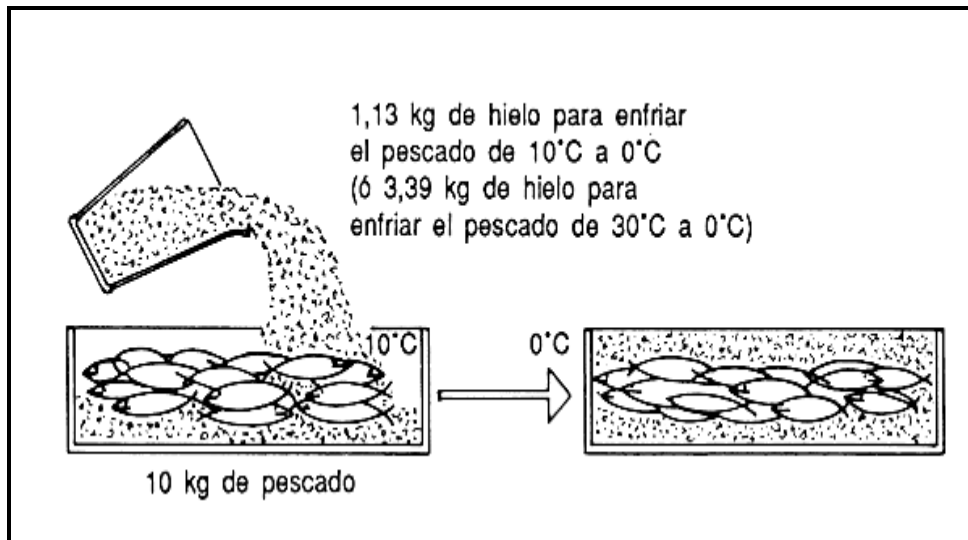
Mh =19.1kg de hielo.

El cálculo más exacto para el pescado graso arroja sólo una pequeña reducción de la necesidad de hielo; por lo tanto, dado que en la mayoría de las especies el contenido de aceite es variable, es recomendable tratar todo el pescado como si fuera magro.

2.2.2. Forma de economizar hielo

La cantidad de hielo necesaria para mantener el pescado fresco reviste mayor importancia económica en los países tropicales, como es el caso de Guatemala, donde el clima más cálido acelera la fusión del hielo. El hielo necesario para enfriar el pescado desde la temperatura inicial es una cantidad fija, que no es posible reducir, pero durante el posterior período de almacenamiento se puede ahorrar mucho hielo recurriendo al aislamiento y a la refrigeración, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 5. Forma de almacenamiento.



Fuente: FAO, **Documento de pesca**, Pág. 22

Otra ventaja del uso del aislamiento es que ayuda a estabilizar las condiciones de almacenamiento, facilitando así la predicción y el mantenimiento de las cantidades correctas de hielo.

El aislamiento puede efectuarse de distintas maneras, y la elección del sistema dependerá principalmente de las condiciones locales. Por ejemplo, se puede aislar cada caja por separado, o bien almacenar las cajas en contenedores aislados de mayor tamaño o en almacenes refrigerados.

Una caja de tamaño estándar de uso corriente en los climas templados contiene aproximadamente 30 kg. de pescado y 15 kg. de hielo. El aislamiento de este tipo de recipientes no sólo resultaría caro, sino que además supondría una pérdida importante de espacio de almacenamiento. Por lo tanto, las cajas aisladas suelen ser más grandes y, en la mayoría de los casos, requieren alguna forma de manipulación mecánica.

El efecto del tamaño unitario sobre las necesidades de hielo y de espacio de almacenamiento se muestra mediante la siguiente comparación entre dos contenedores de diferente tamaño:

CAJA A.

$$\text{Volumen Interno} = 0.275 * 0.66 * 0.38 = 0.069 \text{ m}^3$$

CAJA B.

$$\text{Volumen Interno} = 0.55 * 1.32 * 0.76 = 0.55 \text{ m}^3.$$

La caja B tiene un volumen 8 veces mayor que el de la caja A, por lo que contendrá 8 veces más pescado que ésta, si ambas cajas se aíslan dejando las paredes con un espesor de 0.035 m, el área superficial de cada una de ellas será:

- CAJA A = 1.47 m².
- CAJA B = 5.06 m².

La caja B tiene un área de superficie 3.44 veces mayor que la de la caja A; por consiguiente, la velocidad de fusión del hielo será 3.44 veces más alta. Mostrando esto en una tabla comparativa entre las cajas A y B, sería así:

Tabla V. Fusión del hielo.

	Capacidad (pescado)	Fusión Comparativa	Índices de fusión (por unidad de peso)
Caja A	1	1	1
Caja B	8	3.44	0.43

Fuente: Investigación directa.

Esta comparación indica que aunque la velocidad de fusión del hielo en la caja B es 3.44 veces mayor que la de la caja A, el índice de fusión por unidad de peso de pescado es mucho menor debido a la disminución área superficial/peso de pescado.

Pueden establecerse asimismo comparaciones de las necesidades de espacio de almacenamiento y los costos de las cajas. En el ejemplo mencionado, se requerirían 8 cajas pequeñas para dar cabida a la misma cantidad de pescado que se puede almacenar en una sola caja grande, teniendo en cuenta las dimensiones externas de las cajas, el espacio requerido para las cajas más pequeñas sería aproximadamente un 25% mayor.

Además, como el área de superficie de las 8 cajas pequeñas equivale a más del doble de la de una caja grande, el costo en materiales también sería más alto, y en vista de que la profundidad a la que se almacenan el pescado y el hielo se duplica efectivamente en la caja grande, habrá que considerar también si el pescado está en condiciones de resistir el aplastamiento.

2.3. Velocidad de enfriamiento del pescado

Si se coloca el hielo por encima y por debajo de cada estrato o capa de pescado, los ejemplares que se hallen en el centro del estrato serán obviamente los que tarden mas tiempo en enfriarse, ya que estarán mas alejados de ambas capas de hielo. Además hay que tener en cuenta que la velocidad de enfriamiento no es constante a lo largo de todo el periodo, sino que se reduce a medida que el pescado se aproxima a la temperatura final de 0 °C.

Estas dos condiciones se ilustran por medio de los siguientes ejemplos:

Si el estrato del pescado tiene 10 cm. de espesor, los ejemplares del medio estarán a 5 cm. del hielo mas próximo. Si al comienzo del enfriamiento el pescado se halla a 10 °C y el hielo a 0 °C, hay una diferencia de temperatura de 10 °C y un gradiente de temperatura de 2 °C/cm.; pero si el pescado central se haya enfriado a 5 °C, el gradiente habrá bajado a 1 °C/cm., por consiguiente, la velocidad de enfriamiento será menor. Con esto se deduce que a medida que la temperatura del pescado se acerca a la del hielo, la velocidad de enfriamiento se volverá extremadamente lenta; los pescados del centro de un estrato de 10 cm. tardarán alrededor de 6 horas en alcanzar los 0.5 °C.

Ahora cuando se proporcionan los tiempos de enfriamiento es importante señalar la temperatura final, ya que cuando esta se aproxima a los 0 °C (la temperatura del hielo), su reducción, incluso en muy poco, puede suponer una diferencia notable en el tiempo de enfriamiento.

Esta aminoración de la velocidad al final del periodo de enfriamiento debe tenerse en cuenta a la hora de introducir cualquier código de práctica o

legislación. La medición de tiempos de enfriamiento hasta la temperatura final de equilibrio estará sujeta a muchas variaciones, ya que al final las diferencias de temperatura serán muy pequeñas, pudiendo variar según la precisión y sensibilidad del termómetro que se utilice.

Por lo tanto, resulta mas practico definir una temperatura de terminación ligeramente superior a la temperatura final de almacenamiento, como se observa en la siguiente tabla:

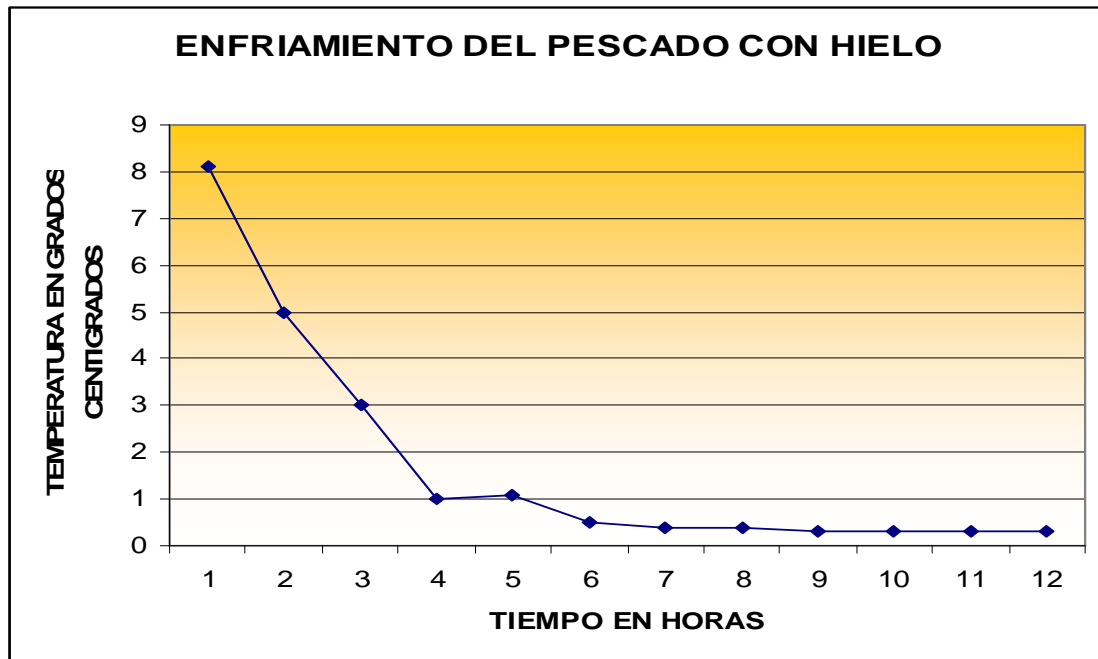
Tabla VI. Tiempo necesario para enfriar el pescado del centro de una caja con hielo arriba y abajo.

Espesor del estrato del pescado (cm.)	Tiempo necesario para enfriar el centro de 10 °C a 2 °C (horas)
7.5	2
10.0	4
12.5	6.5
15.0	9
20.0	14
60.0	120

Fuente: Investigación directa.

En la siguiente figura, aparece una curva típica del enfriamiento del pescado:

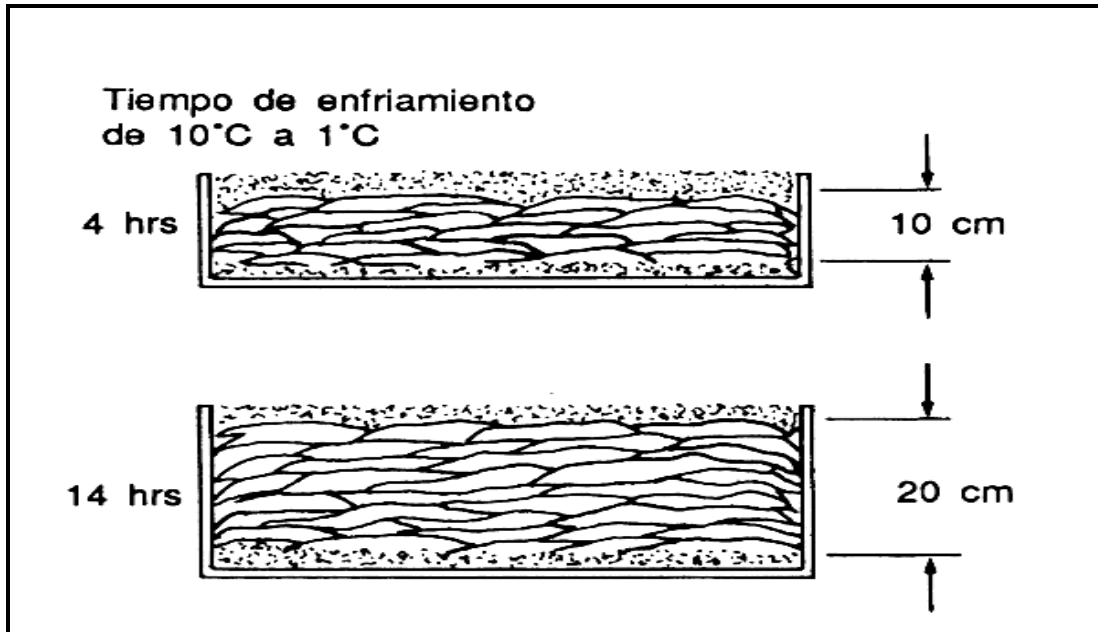
Figura 6. Enfriamiento del pescado con hielo.



Fuente: Investigación directa.

Si el estrato de pescado tiene 20 cm. de espesor en lugar de 10, los pescados del medio estarán a 10 cm. del hielo, el gradiente de temperatura será inicialmente de 1 °C/cm., es decir, solo la mitad del valor inicial del ejemplo anterior; cuanto menos pronunciado sea el gradiente, tanto mas lenta será la transferencia térmica, y por ende, el enfriamiento. Por otra parte, si el estrato de pescado es de solo 5 cm., el enfriamiento será rápido.

Figura 7. Los estratos gruesos tardan más en enfriarse que los finos.



Fuente: FAO, Documento de pesca, Pág. 27

Con lo anteriormente expuesto se denota que un filete solo se enfría rápidamente en hielo, mientras que un estrato grueso de pescado o de filetes tarda mucho en enfriarse.

Por consiguiente, para refrigerar velozmente el pescado es fundamental que la distancia entre cada uno de ellos y el trozo mas próximo de hielo sea lo mas pequeña posible.

En la práctica esto significa que el hielo debe distribuirse de manera uniforme entre todo el pescado. El tamaño, forma y disposición del pescado influyen en la velocidad de enfriamiento, ya que pueden afectar a la densidad del envasado, las superficies de contacto y el flujo del agua de fusión a través del estrato de pescado, también la conductividad térmica y otras propiedades físicas tienen una influencia sobre el tiempo de enfriamiento del pescado, que

varia con arreglo a su especie y estado. Sin embargo, la influencia de todos estos factores es pequeña en comparación con la del espesor de la capa del pescado.

3. PROPUESTA

3.1. Análisis y propuesta de mejoras de la situación actual de la planta

La empresa Transflex, S.A. comienza su actividad con la fabricación y venta directa en sus instalaciones y a través de servicio propio de distribución, tanto de hielo en escamas para la conservación idónea de los productos de la pesca, como de hielo en maqueta y cubitos, adaptándose así a las necesidades del cliente y sirviendo tanto a mayoristas como a minoristas (tiendas de distribución del pequeño comerciante) y particulares.

Para el análisis que se puede desarrollar en las plantas de producción de hielo es únicamente describiendo el tipo de hielo que producen, actualmente se tiene en el mercado el hielo en bloques, en escamas, en placas o en tubos y el hielo fundente. Otra sub-clasificación puede basarse en el hecho de que produzcan hielo “seco” sub-enfriado o hielo “húmedo”, por lo general, el primero se produce mediante un proceso de desprendimiento mecánico del hielo de una superficie de enfriamiento.

Casi todas las fábricas de hielo en escamas son ejemplos de este tipo; por otra parte el hielo “húmedo” se fabrica normalmente con máquinas que emplean un procedimiento de desescarchado para desprender el hielo, el desescarchado mencionado derrite parcialmente el hielo que está en contacto con la superficie de enfriamiento y, a menos que la temperatura se haya reducido bastante por debajo de 0°C (o sea, que el hielo se sub-enfríe), las superficies permanecen húmedas; los sistemas de hielo en tubos y en placas son ejemplos de este tipo.

Actualmente, la planta cuenta con una capacidad instalada de 175 quintales diarios, alcanzando un volumen anual de 63875 quintales, por lo que una de las primeras consideraciones a tomar en cuenta es la identificación de una ubicación adecuada para la misma, además deben considerarse diversos factores, tales como los físicos, los geográficos y la infraestructura disponible.

La planta esta ubicada en una parcela de tamaño adecuado (para las necesidades actuales y para futuras ampliaciones), con un acceso fácil por carretera, pero debe de disponerse de un suministro adecuado de agua potable y energía eléctrica durante todo el año a un costo razonable, ya que actualmente no se cuenta con un deposito auxiliar de agua lo suficientemente grande que pueda cubrir con las necesidades diarias al 100%, al igual que con la energía eléctrica, no se cuenta con una planta de emergencia. Se debe prestar particular consideración a la eliminación de los residuos, ya que normalmente, las plantas que trabajan con productos pesqueros generan cantidades elevadas de materia orgánica que debe ser eliminada antes de que las aguas residuales sean vertidas a los drenajes y la manipulación de los residuos sólidos también requiere una planificación cuidadosa que se debe destinar o disponer a un espacio adecuado fuera de la planta.

También debe considerarse la evaluación del riesgo de contaminación procedente de zonas adyacentes, los contaminantes como humo, polvo, cenizas, olores pestilentes, etc., que son obvios, pero incluso deben tenerse en cuenta las bacterias como contaminantes transmitidos por el aire como por ejemplo la cercanía de una planta criadora de aves en la dirección del viento puede ser una fuente de Salmonela, o talleres y fabricas que tengan desechos contaminantes para el ambiente.

Los alrededores físicos inmediatos de la planta Transflex deberán estar bien cuidados y presentar un aspecto atractivo para el visitante (o comprador potencial de los productos). No obstante, deberá efectuarse de tal manera que no se atraiga a roedores y pájaros. Si hubiera arbustos en cualquier planta, se recomienda que estén situados al menos a una distancia de 10 m de los edificios y deberá bordear la pared exterior de los edificios una franja sin malezas cubierta con una capa de pasto o gramilla, esto permite inspeccionar detalladamente las paredes y el control de los roedores.

3.2. Espacio

La maquinaria moderna es de dimensiones reducidas en comparación con las máquinas tradicionales de fabricación de hielo en bloques, pero no es fácil hacer una comparación directa de las exigencias de espacio de los distintos tipos de maquinaria.

La capacidad de fabricación de hielo varía según el régimen de funcionamiento, por lo que normalmente se indica mediante un margen de valores, algunos tipos de máquinas son más idóneos para una producción elevada y se fabrican en modelos grandes, mientras que otros se fabrican sólo en tamaño pequeño.

En la tabla siguiente se muestran algunas cifras típicas de las necesidades de espacio de varias de las máquinas de hacer hielo de uso más común, con una producción de 8.5 toneladas diarias, que es lo que se produce en TRANSFLEX regularmente.

Tabla VII. Espacio necesario para la máquina de hacer hielo.

Tipo de máquina	Capacidad (t/día)	Superficie (m²)	Altura (m)
Hielo en bloques	50	190	5.0
Hielo en bloques de fabricación rápida	50	30	3.5
Hielo en tubos	50	3.3	6.6
Hielo en escamas	50	2.7	3.7
Hielo en placas	50	14.3	1.8

Fuente: ARCOSA, **Manual de Producción y Equipo**, Pág. 72

Como estas máquinas son relativamente pequeñas en las fábricas modernas (de hielo en bloques, en tubos y en escamas), las necesidades de espacio para el equipo de refrigeración y para la manipulación y el almacenamiento son muy superiores a las que se exponen en el cuadro. Con este tipo de equipo ocurre lo que se conoce como, un efecto de escala, por lo que los tamaños más grandes suelen requerir menos espacio por unidad de capacidad de fabricación de hielo. En la fábrica es posible colocar las máquinas una encima de otra, en cuyo caso la superficie y la altura pueden adaptarse a las necesidades particulares, pero los equipos autónomos con un régimen de hasta 10 a 20 toneladas/24 horas pueden instalarse dentro del espacio de almacenamiento, con la máquina de hacer hielo y el equipo de refrigeración encima.

3.2.1. Distribución de la planta

Para la distribución adecuada de la planta se debe tomar en cuenta los espacios necesarios para los equipos, las instalaciones y el almacenamiento de los materiales, el espacio suficiente de oficinas y sin dejar atrás el área de carga y descarga.

En el apéndice 1 y 2 se muestra la planta actual y la propuesta, en la cual se puede llegar a apreciar que se logra ampliar y ordenar espacios separados para cada una de las operaciones, esto con fines de elevar la capacidad a través de la facilidad de las operaciones y de lograr evitar que se contaminen los peces en el momento en que deben de manipularse junto con el hielo.

El área antes mencionada es crítica, ya que es donde se puede ganar o perder un cliente, a quien le va a importar también que en el producto se manejen porcentajes al mínimo, que evidencien cualquier riesgo de contaminación y así obtener el producto final deseado, para tener este cuidado por ejemplo, se debe saber que junto con las materias primas entran gran número de bacterias (patógenas y bacterias de deterioro, y para evitar la contaminación cruzada es esencial que las materias primas se reciban en una zona separada y sean almacenadas en una cámara refrigerada independiente. A partir de este momento, la secuencia de las operaciones de elaboración del hielo, sea el método que sea, deberá ser tan directa como sea posible ya que se considera que un flujo de elaboración en “línea recta” es el más eficaz.

Esta distribución reduce al mínimo el riesgo de recontaminación de un producto semielaborado.

3.3. Energía

La energía necesaria para producir una tonelada de hielo no es una constante, varía según el tipo de maquinaria y el régimen de funcionamiento. Las instalaciones que operan con bajas temperaturas en la máquina de hacer hielo, como las de hielo en escamas, tienen un mayor consumo de energía, al igual que las que operan con altas temperaturas de enfriamiento del condensador y con agua de relleno caliente, por consiguiente, el funcionamiento de una fábrica será más caro en las zonas tropicales que en los climas templados.

Hay dos aspectos que han de tenerse en cuenta a este respecto, la energía consumida en la fabricación de una tonelada de hielo es importante, ya que influye en los costos de fabricación del hielo mismo y por otra parte, la energía instalada también implica interés, ya que determinará el equipo de suministro de energía que necesitará la fábrica.

Otros factores que determinan también las necesidades de energía, son la elección del refrigerante (en nuestro caso freón¹) y el tipo de sistema de refrigeración utilizado. En los climas en que el agua de relleno es excesivamente caliente, su enfriamiento previo en un refrigerador separado puede reducir las necesidades de energía, como podemos observar, es difícil determinar con precisión las necesidades de energía de una fábrica de hielo, debido a que dependen no sólo del tipo de maquinaria, sino también de las condiciones ambientales y del régimen de funcionamiento. Sabiendo lo anterior debemos de tener mucha cautela para manejar las cifras de consumo de

¹ Es un tipo de refrigerante líquido. Su nombre químico es Di cloro-Difloro. Es inodoro, incoloro y no es tóxico.

energía proporcionadas por el fabricante sin una clara indicación de las condiciones de funcionamiento a las que se aplican.

Otro aspecto muy importante es ver la posibilidad de que la fabrica posea su propio generador en caso de que la zona donde se encuentre ubicada no tenga una continuidad del suministro de energía, lo cual podría evitar tanto una capacidad de almacenamiento problemática como un considerable gasto de mantenimiento por las averías provocadas por los altibajos de energía.

3.4. Agua

La materia prima principal que se utiliza en la fabricación de hielo la constituye el agua. Para su abastecimiento se puede contar con dos alternativas:

- a. Servicio de agua municipal, que cuenta con suficiente caudal de agua potable.
- b. Pozo mecánico con deposito de aproximadamente 2,000 galones de capacidad.

Considerando las dos alternativas, puede sugerirse hacer uso del agua municipal, por contar ésta con las características sanitarias requeridas para la producción de hielo y porque su abastecimiento es suficiente y en cantidades adecuadas. La otra alternativa puede utilizarse en casos especiales, por ejemplo, cuando exista ineficiencia del servicio de agua municipal, estimándose para el efecto una inversión adicional para la purificación del agua.

3.5. Análisis y propuesta de mejoras del edificio y sus instalaciones

Para el desarrollo de la comercialización del hielo en la preservación del pescado son muy importantes las instalaciones, ya que debe de contar con un poco de tecnología que ayude a la economía de escala en varias áreas; por ejemplo: en la de producción, almacenamiento, de recepción de pescado, transporte y distribución, y así de ese modo sea lo más bajo posible; razón por la que las instalaciones para la producción del hielo (incluida la recepción del pescado) y la comercialización del pescado en pequeña escala deberán ser simples y baratas, manteniendo al mismo tiempo un buen nivel de tecnología e higiene.

En lo que respecta el techo, las instalaciones actuales cuentan con concreto a excepción del área de llenado, que tiene doble lamina galvanizada, la cual debería de ser eliminada porque este tipo de cubierta tiende a picarse con el tiempo, acumular polvo u oxido y si esto le cae al agua con que se llenan los tanques para hacer el hielo, podría ocasionar contaminación perjudicial en el producto final.

Un aspecto importante es que la estructura cuente con protección contra plagas y los requisitos respecto a las paredes externas, incluidas las partes donde hay lámina (que se aconseja sea eliminada por razones ya expuestas), puertas y ventanas, vienen dados por la impermeabilidad al agua y la resistencia a los insectos y roedores.

Por el contrario, las paredes internas deberán ser: lisas, planas, resistentes al desgaste y a la corrosión, impermeables, de fácil limpieza y blancas o de color claro.

3.5.1. Tipos de techos

Los dos tipos de techos requeridos para este tipo de planta, según su producto, puede tener techo de losa sin cernido plástico o techo curvo.

El techo que se tiene no es malo, pero para fines de mejoramiento, se debería de cambiar a un techo curvo con extractores para evacuar el calor de toda la instalación de proceso a excepción de las oficinas, baños y comedor.

La razón es sencilla y es que con este techo bajo las condiciones mencionadas, se logra disipar tanto el olor como el calor del equipo (maquinas) tiende a subir y acumularse en el techo.

Si este techo se coloca deberán ir los extractores de aire a cinco metros de separación a partir de la entrada principal sin tomar en cuenta las oficinas, ya que estos extractores cuando hay una lluvia torrencial tienden a gotear un poco, pero son los mas prácticos y económicos en el mercado pero ayudan a tener una ventilación eficiente.

Para el soporte de este techo, se tendrán paredes de block y columnas separadas por 5 metros entre ellas; las separaciones entre ambientes tendrán una altura de 5 metros, esto es para la disipación del calor en donde hay máquinas para el proceso del hielo y del olor donde se manipule el pescado.

3.5.2. Tipos de pisos

Este es un aspecto que se debe de tomar muy en cuenta en este estudio ya que actualmente la planta de Transflex cuenta únicamente con concreto como piso en áreas como la de producción, almacenamiento, bodega de

materia prima y cuartos de control, a excepción de las oficinas que cuentan con piso de granito.

Como mejora en las áreas ya mencionadas los pisos deberán ser, en lo posible, impermeables a las salpicaduras de los productos, al agua y a los desinfectantes, resistentes a los golpes, a los desinfectantes y a los productos químicos utilizados, antideslizantes, no tóxicos, que no manchen, de buen aspecto y fácil reparación.

Los suelos deberán estar provistos de una inclinación hacia los desagües para evitar la formación de charcos.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta es el área de los cuartos fríos, ya que a diferencia del resto de áreas, estas instalaciones para enfriamiento son construidas en bloques de concreto con refuerzos en su perímetro para soportar las cargas producidas por las paredes, pero deben de asegurarse un buen drenaje en la estructura, por lo que generalmente se construye sobre un lecho de gravas, aunque también puede construirse con unos drenes interiores para evacuar adecuadamente el agua con que se limpia la instalación y de el agua producida por la condensación. Además, debemos considerar que el piso debe soportar grandes cargas y resistir el uso pesado en un ambiente húmedo, por eso depende en buena medida del uso de aislantes de calidad. Una especificación importante para este tipo de piso es que los bloques de cimentación deben ser de al menos 4 pulgadas de concreto reforzado con malla de alambre y con aislante de 2 pulgadas de espuma plástica a prueba de agua en la superficie, la necesidad de aislar el piso puede parecer a veces innecesaria pero aunque sí nos incrementa de una forma significativa los costos, pero pensar desde el punto de vista económico es errado en esta situación, ya que estos aislantes se pagan por sí mismos en

pocos meses de uso y si hacemos este análisis, nos daremos cuenta que los cuartos fríos se emplean por largos periodos de tiempo en almacenamiento sub-enfriado, y es mejor invertir inicialmente que tener un costo de mantenimiento caro y continuo, por eso es importante que el piso sea bien aislado con una lámina de espuma de 4 pulgadas (con un R aproximado de 20).

Además, cualquier objeto de madera que entre en contacto con el piso de concreto, requiere ser tratado para evitar los daños debidos a su largo periodo en contacto con agua.

Durante la construcción, la interfase entre la parte inferior de la lámina del piso y la cimentación debe ser sellada para evitar ascensos de agua, esto se realiza aplicando un recubrimiento en esta zona con un sellante antes de colocar el piso, el cual debe prevenir los movimientos del piso debidos a vientos o sismos.

Lo anterior cumple dos importantes propósitos; primero, protege a las paredes de la estructura de ser averiada por los movimientos del producto cargado en los contenedores y los montacargas y segundo, asegura la correcta ventilación e impide que el producto se moje, debido a la humedad de las paredes.

3.5.3. Tipos de alumbrado y métodos de iluminación

La instalación eléctrica recorre la parte interior de tubo de poliducto dentro de la pared fundida y el mismo esta oculto mostrando los apagadores y lo tomacorrientes de diferentes voltajes, el método de iluminación que se va a utilizar para la planta propuesta es el de la cavidad zonal, ya que es el más

exacto, pero se realizara solamente para el área de proceso, que es donde se considera hay problemas, los cálculos son:

Área de Proceso (datos):

Largo= 25 mt.

Ancho= 20 mt.

Techo= gris claro

Paredes= marfil (propuesto)

Piso= color gris claro (actual)

Trabajo= de pie.

Altura del piso al techo= 5 mt.

Edad de los operarios= 18 a 40 años

Mantenimiento= regular

Iluminación= directa tipo "A".

Paso 1. Factores de reflectancia (P):

Tabla VIII. Factores de reflectancia según el color.

COLOR	COEF. REFLEXION	TONOS
Marfil	70 - 75	Claro
Gris	30 - 50	Semi claro
Gris	30 - 50	Semi claro

Fuete: Rodolfo Koenisgberger, **Manuel de ingeniería eléctrica 2**, Pág. 62

De la tabla anterior, se pueden obtener los factores de reflectancia:

- Techo: Se utilizará el valor de 50%, ya que es un color semi claro; se toma el límite superior.
- Pared: $P = (70+75)/2 = 72.5 \%$, se utilizará el valor aproximado que sería de 70%.
- Piso: Se utilizará el valor de 50%, ya que es un color semi claro; se toma el límite superior.

Coeficiente de deflexión:

$$\sum \text{paredes, techo, piso} = 70+50+50 = 170/3 = 56.67\%$$

Paso 2. Descripción.

En este punto, tenemos que definir que clase de trabajo vamos a realizar, el cual en nuestro caso lo definimos como un trabajo de sencillo de inspección, lo que según la tabla, nuestro rango correspondiente es el "D", el cual tiene rangos de:

200 – 300 – 500. Las luminarias están fijas al techo.

Factores de peso:

- Edad: $\lt 40 = -1$
- Velocidad o exactitud: no importante = -1
- Reflectancia alrededores: $30\% - 70\% = 0$

$$\sum \text{De factores} = (-1) + (-1) + 0 = -2$$

Como el canutero nos dio -2, esta es el rango de -3 a -2, que indica que tomemos el factor del lado izquierdo.

$$E = 200 \text{ lux.}$$

Paso 3. Altura de montaje.

Esta altura se refiere a la altura, a la cual se colocarán las luminarias, para esto necesitamos saber si el trabajo se realizara de pie, sentado en mesa de dibujo. Como en nuestro caso, el trabajo se realizara parado, se tomara 0.9 mt.

$$H_{\text{mot}} = H_{\text{total}} - H_{\text{trabajo}} = 5.0 - 0.9 = 4.1 \text{ mt.}$$

Paso 4. Relación ambiente, cielo y de piso respectivamente.

La obtención de este dato solamente es un requisito para otros datos futuros; esta se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$RCA = [5 * H_{ca} (\text{ancho} + \text{largo})] / (\text{ancho} * \text{largo})^1$$

$$RCA = [5 * 4.0 * (20 + 25)] / (20 * 25) = 1.8$$

$$RCC = [5 * H_{cc} (\text{ancho} + \text{largo})] / (\text{ancho} * \text{largo})^2$$

$$RCA = [5 * 0.1 * (20 + 25)] / (20 * 25) = 0.5$$

$$RCP = [5 * H_{cp} (\text{ancho} + \text{largo})] / (\text{ancho} * \text{largo})^3$$

$$RCP = [5 * 0.9 * (20 + 25)] / (20 * 25) = 4.5$$

¹ Koenigsberger, Rodolfo. Manual de Ingeniería Eléctrica 2, Guatemala 1994, Pág.62

² Koenigsberger, Rodolfo. Manual de Ingeniería Eléctrica 2, Guatemala 1994, Pág.62

³ Koenigsberger, Rodolfo. Manual de Ingeniería Eléctrica 2, Guatemala 1994, Pág.62

Paso 5. Reflectancia efectiva para la cavidad de cielo (PCC) y de piso (PCP).

Para el PCP, se utilizan los valores de reflectancia de cielo (50%), la de pared (70%), el RCC (0.5) y se obtiene un PCC= 0.48.

Para un PCP, se utilizan los valores de reflectancia de piso (50%), la de pared (70%), el RCP (4.5) y se obtiene un PCP= 0.37

Paso 6. Coeficiente de utilización (Co=K).

Este coeficiente se utiliza para obtener un dato específico, el cual es obtenido de una tabla estándar del Manual de Ingeniería Eléctrica de Koenisberger; este, al igual que la relación de cavidad de ambiente, nos servirá para datos importantes más adelante.

Utilizando las tablas especiales¹ para la obtención del coeficiente de utilización, las cuales son normas específicas, tenemos que la relación de cavidad de ambiente es de 1.8, y no está especificado; debemos interpolar, obteniendo según los datos el siguiente resultado:

- PCC= 48% ≈50%
- Reflectancia de paredes = 70%
- RCA= 1.8

$$K = C_u = 0.624$$

¹ Koenisberger, Rodolfo. Manual de Ingeniería Eléctrica 2, Guatemala 1994, Pág.66 - 69

Como el PCP es muy diferente del 20%, entonces se utilizará la tabla de factores de multiplicación; con los datos siguientes se obtiene el factor:

- PCC= 48% ≈50%
- Reflectancia de paredes = 70%
- RCA= 1.8
- X= 1.052

$$K = 1.052 * 0.624 = 0.656$$

Paso 7. Espaciamiento Máximo.

Para nosotros, es de suma importancia colocar las luminarias a la distancia correcta, debido a que de lo contrario se afectaría tanto la salud de nuestros operarios como su productividad.

Para calcular este espaciamiento máximo, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$E.M = 1.25 * Hmot$$

Fuete: Rodolfo Koenisberger, **Manuel de ingeniería eléctrica 2**, Pág. 59,60

Donde 1.25 es un valor obtenido de la norma alemana, dada en el manual. Obteniendo:

$$E.M = 1.25 * 4.1 = 5.125 \text{ mt.}$$

Paso 8. Factor de Mantenimiento.

Este factor es también importante, debido a que según el factor de mantenimiento que se le da a las luminarias, se tendrá una plena confianza de que el sistema de iluminación no fallara; para la fabricación de nuestro producto, tomamos nuestro factor de mantenimiento como regular, el cual tiene un valor de 0.6

$$K' = 0.6$$

Paso 9. Número de Lámparas.

Vamos a encontrar el número de lámparas, tanto a lo ancho como a lo largo y estas cantidades, si dan decimales, se aproximará a la cantidad superior; después de esto, se multiplicarán las lámparas a lo largo por las de ancho, y nos dará un número total de lámparas que debemos colocar en la planta.

$$\text{A lo ancho} = \text{ancho} / \text{E.M} = 20 \text{ mt.} / 5.125 \text{ mt.} = 3.90 \approx 4 \text{ lámparas.}$$

$$\text{A lo largo} = \text{largo} / \text{E.M} = 25 \text{ mt.} / 5.125 \text{ mt.} = 4.88 \approx 5 \text{ lámparas.}$$

$$\text{Número total de lámparas} = 4 * 5 = 20 \text{ lámparas.}$$

Paso 10. Flujo Total.

Este se calcula:

$$\text{Flujo total} = E * \text{área} / K * K'$$

Fuete: Rodolfo Koenisberger, **Manuel de ingeniería eléctrica 2**, Pág. 63

Obteniendo:

$$\text{Flujo total} = [200 * (20 * 25)] / (0.656 * 0.6) = 254065.04 \text{ lúmenes}$$

Paso 11. Flujo por Lámpara.

$$\text{Flujo por lámpara} = \text{Flujo total} / \# \text{ de lámparas}$$

Fuete: Rodolfo Koenisberger, **Manuel de ingeniería eléctrica 2**, Pág. 66

Obteniendo:

$$\text{Flujo por lámpara} = 254065.04 / 20 = 12703.25 \text{ lúmenes/ lámpara}$$

Paso 12. Distribución de Luminarias (D).

$$\text{"D ancho"} = \text{ancho} / \# \text{ lámparas ancho} = 20/4 = 5 \text{ mt.}$$

$$\text{"D largo"} = \text{largo} / \# \text{ lámparas largo} = 25/5 = 2.29 \text{ mt.}$$

Paso 13. Separación entre pared y luminarias.

Ancho = $D \text{ ancho} / 2 = 5 / 2 = 2.5 \text{ mt.}$

Largo = $D \text{ largo} / 2 = 2.29 / 2 = 1.45 \text{ mt.}$

Con todos los datos obtenidos anteriormente podemos proponer que se cubran tanto las distancias obtenidas anteriormente como el cambio de número de lámparas a 4 lámparas por luminaria del tipo neón (como actualmente hay) a una potencia estándar de 40 watts cada una.

3.5.4. Tipo de ventilación

La planta actualmente tiene ventilación normal que se obtiene a través de ventanas, que podrían únicamente ayudarse poniendo cedazo o rejillas muy finas para evitar el ingreso de partículas que pudieran dañar la producción.

Esto a excepción de cualquier ventana que colinde con rutas en las que se tenga el paso de vehículos y otros, ya que en vez se debe tener ventanales.

La mejora que se puede proponer es:

- En la bodega de materia prima (que no son los cuartos fríos), tener por lo menos dos ventanas de $2 * 2 \text{ mt.}$, y dos puertas de 2.6 mt. De ancho por 3 metros de alto, para permitir suficientes entradas de aire.
- En el área de proceso como ya se mencionó anteriormente, además de los extractores para disipar el calor producido por las máquinas, solamente quedaría ampliar las ventanas existentes en por lo menos medio metro.

3.6. Capacidad de fabricación de hielo

Hay varios factores que influyen en la capacidad de una máquina de hacer hielo y del equipo de refrigeración asociado, a continuación se presentan tablas que ponen de manifiesto las consecuencias de las variaciones de algunas condiciones de funcionamiento respecto a la capacidad de fabricación de hielo.

Tabla IX. Variación de la capacidad de fabricación de hielo, según la temperatura del refrigerante en una planta de hielo en escamas.

Temperatura (°C)	Capacidad (t/DIA)	Capacidad Relativa (%)
-30	17.5	100
-25	16.0	91
-20	13.5	77
-15	10.7	61
-12	8.9	51

Fuente: TRANSFLEX, Investigación directa.

Tabla X. Variación de la capacidad de una máquina de hacer hielo, según la temperatura del agua

Temperatura del agua de relleno (°C)	Capacidad de la planta de hielo (t/DIA)	Capacidad relativa (%)
0	43.0	100
5	41.8	97

Continúa

10	40.4	94
15	39.2	91
20	38.0	88
25	36.8	85
30	35.7	83
35	34.5	80

Fuente: TRANSFLEX, Investigación directa.

La relación que se observa en el cuadro anterior se aplica a casi todos los tipos de fábricas de hielo e indica claramente que la mayor temperatura del agua de relleno en las zonas tropicales reduce en un grado considerable la capacidad de los equipos.

El pre-enfriamiento del agua de 35°C a 5°C aumenta la capacidad de una planta en un veinte por ciento aproximadamente, cuando las temperaturas del agua de alimentación son particularmente altas, conviene considerar la posibilidad de instalar una unidad de refrigeración separada, que enfriará previamente el agua de manera más eficiente que la máquina de hacer hielo, pudiendo aumentar de esta manera la rentabilidad de la fábrica.

En la tabla siguiente aparecen valores comparativos de la capacidad de un compresor de refrigeración en una serie de condiciones que pueden registrarse en la fábrica de hielo, como podemos observar, mientras más baja sea la temperatura del enfriador (evaporación) y más alta la de condensación, menor será la capacidad de un grupo refrigerante. La temperatura del enfriador suele fijarse con arreglo a los requisitos de la máquina y puede modificarse sólo muy poco, mientras que la del condensador depende casi enteramente de la localidad y de las condiciones climáticas de su entorno. Por consiguiente, se podría deducir (viendo de manera global) que para producir una determinada

cantidad de hielo se requerirá un compresor más grande en un país cálido que en uno de clima templado.

Tabla XI. Variación de la capacidad relativa de un equipo de refrigeración según las condiciones de funcionamiento.

Temperatura de condensación (°C)	Temperatura de evaporación (°C)			
	-10	-15	-20	-25
20	100	79	61	48
25	94	75	59	45
30	83	66	51	39
40	73	57	43	32

Fuente: TRANSFLEX, Investigación directa.

De los tres cuadros anteriores se puede concluir que la máquina de hacer hielo y el equipo refrigerador debe adecuarse mutuamente para obtener la capacidad de producción de hielo necesaria en las condiciones de funcionamiento apropiadas.

3.7. Almacenamiento del hielo

Como la producción y la demanda de hielo rara vez coinciden, el almacenamiento es necesario para asegurar el suministro en los momentos de máxima demanda. El almacenamiento permite que la máquina funcione las 24 horas del día, y sirve además como reserva ante cualquier interrupción de la producción por averías menores o por la labor normal de mantenimiento, por lo tanto, el comprador potencial deberá calcular la capacidad de almacenamiento necesaria para satisfacer esos requisitos.

Deberán de tenerse en cuenta las variaciones a corto plazo y estacionales, así como las que afectan a la capacidad de la máquina de hacer hielo, la demanda máxima de hielo en las estaciones más cálidas coincide también con las peores condiciones de funcionamiento de la maquinaria, pues las temperaturas del agua de suministro y del agua para el enfriamiento del condensador son más altas.

Actualmente no existe una regla general para estimar la capacidad de almacenamiento necesaria, la práctica usual es trazar en un gráfico el patrón probable de producción y utilización de hielo durante un determinado período de tiempo y seleccionar una capacidad de almacenamiento que asegure la disponibilidad de hielo en todo momento, en la mayoría de los casos, la capacidad de almacenamiento equivale al menos al doble de la tasa de producción diaria, y con mucha frecuencia asciende a 4 ó 5 veces este valor.

Las necesidades de espacio para almacenar los diferentes tipos de hielo varían en función de su densidad volumétrica, si bien el hielo en escamas necesita más espacio para un peso dado, este tipo de hielo sub-enfriado puede almacenarse a mayor profundidad en un silo, por lo que las necesidades de superficie de suelo serán prácticamente las mismas que para los hielos más compactos, podemos apreciar a continuación algunas estimaciones del espacio para el almacenamiento del hielo:

Tabla XII. Necesidades de espacio para el almacenamiento de hielo.

TIPO DE HIELO	ESPACIO DE ALMACENAMIENTO (m³)
Hielo en escamas	2.2 – 2.3
Hielo en tubos	1.6 – 2.0
Hielo en bloques triturado	1.4 – 1.5
Hielo en placas	1.7 – 1.8

Fuente: FAO, Documento técnico de pesca, Pág.42

3.7.1. Cálculo del hielo necesario para el almacenamiento del pescado

Para este calculo, debemos de saber que no va a ser exacto debido a las variaciones en las velocidades de fusión del hielo, inclusive si se tratara de una misma especie de pescado, ya que como se hizo mención anteriormente cuando se almacena el pescado en los recipientes o cajas el de arriba y abajo tienen diferentes tiempos de enfriamiento que los del centro, pero dado que sería difícil identificar los recipientes que ocuparán los lugares más favorables en la pila, conviene tratarlos todos de la misma manera, partiendo del supuesto de que todos están plenamente expuestos al aire circundante.

Para establecer comparaciones entre diferentes opciones y para obtener estimaciones preliminares de las cantidades, los costos y el equipo, como primer paso se puede calcular la transferencia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$q = A * U * (T_o - T_c)$$

(1)

Fuente: FAO, **Documento de pesca**, Pág.19.

Donde:

q= el calor que entra en el contenedor (Kcal./ día)

A = el área de superficie del contenedor (m²)

U = el coeficiente general de transferencia térmica (Kcal. /día m² °C)

To = la temperatura fuera del contenedor (°C)

Tc = la temperatura dentro del contenedor (°C)

Este cálculo global de la transferencia de calor puede tener que efectuarse por partes, por ejemplo si la tapadera y la base del contenedor son de materiales diferentes o tienen distinto espesor, los valores calculados para las diversas superficies se suman luego para obtener la transferencia térmica total.

El calor que entra derrite el hielo; por lo tanto:

$$q = L_h \cdot m_h \quad \text{Kcal./día}$$

(2)

Fuente: FAO, **Documento de pesca**, Pág.21.

Donde:

q = el calor requerido para fundir el hielo (Kcal. /día)

Lh = el calor latente de fusión del hielo (fijado normalmente en 80 Kcal. /Kg.)

mh = la masa de hielo fundido (Kg. /día)

Con el objeto de desarrollar una expresión matemática para la velocidad de fusión del hielo durante el período de almacenamiento, suponemos que la fusión del hielo dentro de los contenedores se deba solamente a la transferencia de calor desde el aire circundante. En esta condición estacionaria, las cantidades (1) y (2) deben ser iguales, de lo que se deduce que:

$$L_h * m_h = A * U * (T_o - T_c)$$

Despejando, la cantidad de hielo necesaria será:

$$M_h = [A * U * (T_o - T_c)] / L_h = \text{Kg. /día}$$

Si los contenedores de pescado quedan expuestos directamente al sol durante el período de almacenamiento, este cálculo, que se basa únicamente en la conductancia de calor debida a la diferencia entre las temperaturas interna y externa, dará lugar a una subestimación del hielo requerido. Al incluir el elemento de fusión del hielo por el calor irradiado dificulta enormemente el cálculo, por lo que si no es posible proteger los contenedores de la luz solar directa o de cualquier otra fuente que irradie calor, los valores calculados para las necesidades de hielo deberán aumentarse o utilizarse con precaución.

3.7.1.1. Método del almacenamiento en depósitos

Este tipo de almacenamiento, es un método muy común y fácil que abarca desde cajones con una capacidad máxima de 300kg hasta grandes instalaciones para 700 toneladas o más, sirve para cualquier tipo de hielo y puede tener incorporado un sistema propio de enfriamiento. Cualquiera que sea el tamaño del sistema utilizado, el hielo almacenado deberá estar siempre dentro de una estructura aislada, ya que el ahorro que se obtiene gracias a la menor fusión del hielo, compensa siempre el costo adicional del aislamiento.

Se recomienda que el espesor del aislamiento sea de 50 a 75 mm. de poliestireno, o su equivalente en alguno de los otros muchos tipos de aislantes adecuados, los depósitos pequeños pueden disponerse debajo de las máquinas de hacer hielo, de modo que se vayan llenando por gravedad, y el sistema PEPS¹ se consigue extrayendo el hielo por la parte inferior.

Este método simple es adecuado para los elaboradores que fabrican y utilizan su propio hielo, cuando el hielo tiene que ser distribuido, la colocación del depósito se hace de manera que el sistema de descarga esté a una altura que permita la carga de los vehículos o el transporte.

Pueden construirse depósitos de hasta 50 toneladas de capacidad sin necesidad de un sistema de descarga mecánico, normalmente consisten en una estructura alta con una base inclinada y una escotilla de acceso para desprender el hielo compactado. Cualquier tipo de hielo que permanezca inalterado unos pocos días se compactará y fusionará. El mismo hielo que fluye

¹ Método para el control de inventarios que quiere decir Primero en Entrar Primero en Salir.

libremente cuando se utiliza a diario puede requerir algún sistema de descarga mecánico si se usa con poca frecuencia.

Los depósitos grandes necesitan una extensa superficie de suelo, porque la profundidad de almacenamiento máxima recomendada se limita a unos 5 m. debido a que la excesiva profundidad aumenta la presión y provoca la fusión del hielo, dado esto concluimos que un depósito de gran capacidad requerirá un sistema de descarga mecánico.

3.7.1.2. Método del almacenamiento en silos

Este tipo de almacenamiento se utiliza generalmente para el hielo sub-enfriado de flujo libre, como el hielo en escamas (siendo este el más eficaz en la preservación del pescado) y para que sea eficaz, debe tener un sistema de enfriamiento independiente que mantenga el hielo sub-enfriado.

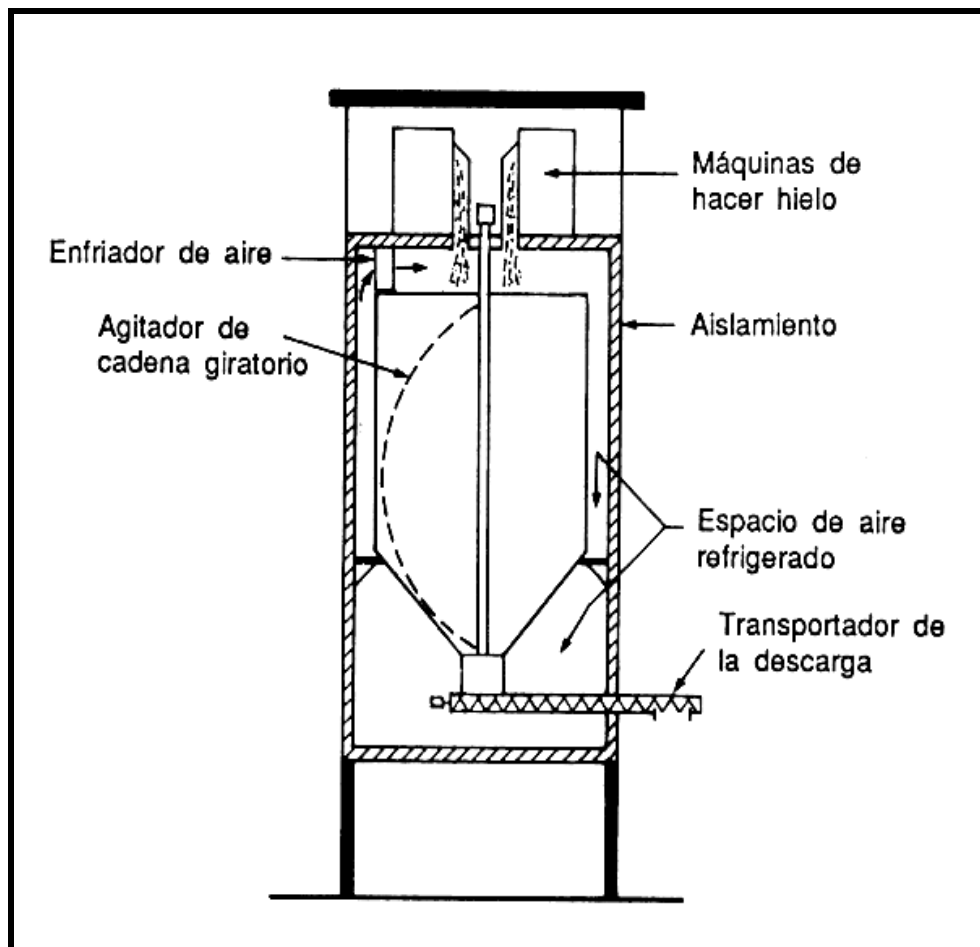
La refrigeración se obtiene normalmente mediante un enfriador de aire situado en la camisa entre el silo y la estructura exterior aislada, este enfriador suele instalarse en la parte superior de la camisa, adyacente a la máquina de hacer hielo, y el espacio de aire se refrigera por gravedad o por circulación con ventiladores.

El hielo se recoge por gravedad con ayuda de un agitador giratorio que raspa el hielo de las paredes del silo, este método permite un sistema de almacenamiento con salida en el orden de fabricación (PEPS), pero si el espacio de almacenamiento no se vacía periódicamente sólo se utilizará el núcleo central de hielo, quedando una capa exterior permanente de hielo compacto, por eso debe haber una escotilla de acceso en la parte alta del silo,

de manera que por lo menos una vez al día se pueda introducir una barra para desprender la capa exterior de hielo.

El método de almacenamiento en silo es caro si las cantidades son pequeñas, aunque también los hay para 10 toneladas nada más, este método de almacenamiento es más apropiado para un volumen de 40 a 100 toneladas de hielo. Para tener una idea mas clara se puede observar la figura siguiente:

Figura 8. Silo para almacenar hielo.



Fuente: FAO, Documento técnico de pesca T348, Pág.43

3.7.2. Definición de la duración en almacén

Para llegar a obtener una definición de la duración del pescado en almacén, se deben de tomar varios criterios como calidad, aceptabilidad, tiempo de conservación, duración potencial, entre otros. Pero ya que no existe un parámetro común de inacceptabilidad lo podemos definir como el punto en que se considera que el producto se ha vuelto incomedible o se ha podrido.

En el otro extremo de la escala de calidad, la “duración de alta calidad” (HQL) puede considerarse como el punto en que el producto conserva todas sus propiedades características. La definición equivalente en la Directiva de Etiquetado de la CEE dice que conserva sus propiedades específicas, mientras que en el CODEX y en las Normas de Calidad de los Estados Unidos se habla de que los productos para cocinar deben tener sus sabores característicos y estar exentos de malos sabores.¹

Aunque la “duración de alta calidad” es más fácil de definir y, por tanto, más ampliamente aceptable, en la práctica puede tener poca significación en lo que respecta al valor comercial del producto. Algunas preferencias personales, por ejemplo, pueden favorecer incluso a productos que presenten sabores malos no característicos. La evaluación de la calidad se puede efectuar ya sea con métodos objetivos o sobre la base de las características organolépticas; las diferentes metodologías pueden dar, una vez más, resultados muy variables.

Existen además una tablas que puede llenar el operario, en el que se deben tomar en cuenta factores como el tiempo, la temperatura y la tolerancia, pero no se debe fiar de ellas ya que el producto, el empaque y el tipo de hielo

¹ FAO, Documento técnico de pesca T436, 1993, Pág.9

empleado llegan a ser factores igualmente importantes que rigen la duración en almacén.

Por lo tanto, estas tablas se deben utilizar solo como orientación aproximada y para obtener información más exacta se debe recurrir a la experimentación o a la experiencia.

3.7.3. Cálculo de los tiempos de almacenamiento

Para que un pescado se vuelva inaceptable ya sea en condiciones de congelamiento o sencillamente de enfriado, se debe de cuidar el no sobrepasar los tiempos de almacenamiento, ya que en este caso se puede llegar a la causa principal que es la putrefacción bacteriana, y a medida que esta llega se prolifera y se va deteriorando cada vez mas.

Como dato teórico, se sabe que la velocidad de putrefacción y su proliferación se duplica con cada aumento de 5 °C de la temperatura y aunque es una regla que se puede utilizar como orientación para realizar comparaciones, se demostrado en estudios recientes 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.¹

Lo anteriormente descrito se puede expresar matemáticamente a través de la siguiente ecuación:

¹ Osram Raymond, Biología de sistemas vivientes. Editorial Continental S.A. de C.V. México, Pág. 385 y 386.

$$P = b (T - T_c)$$

Fuente: FAO, **Documento de pesca**, Pág.10.

Donde:

P = la velocidad de proliferación por unidad de tiempo

b = pendiente de la línea de regresión

T = la temperatura absoluta a la que se mide la proliferación

T_c = la temperatura conceptual (k).

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

La temperatura mínima a la que se almacena normalmente el pescado refrigerado es un valor cercano a los 0 °C, lo que implica obtener de manera conviene y simplificada la ecuación anterior y redefinir la velocidad de proliferación “p” como la velocidad en relación con la que se registra a 0 °C.

Manipulando la expresión de la ecuación anterior obtenemos:

$$p = 0.1t + 1$$

Donde:

p = la velocidad de putrefacción en relación con el valor a 0 °C

t = la temperatura de almacenamiento (°C)

La ecuación anterior se puede reordenar como sigue:

$$p = (0.1t + 1)^2$$

Con la ecuación que nos queda 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 se rá igual a:

$$p = [(0.1 \times 5) + 1]^2 = 2.25 \text{ días.}$$

Con el ejemplo anterior se da a entender 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, esto significa que con este resultado difiere ligeramente del factor 2 derivado de la “regla de la duplicación”. El mismo cálculo efectuado para una temperatura de almacenamiento de 10°C indica que la velocidad de putrefacción aumenta en un factor 4.

Si utilizamos la relación de la última ecuación obtenida y efectuando los cálculos apropiados, es posible predecir y proponer una duración más probable en almacén del pescado que haya permanecido algún tiempo a temperaturas superiores al valor ideal de 0°C.

Por ejemplo, si “X” pescado con una duración normal de 15 días a 0°C se mantiene inicialmente a 10°C por un día y a 5°C dur ante dos días antes de

reducir la temperatura a 0°C para el resto del tiempo de conservación, su duración probable en almacén puede calcularse de la siguiente manera:

- 1 día a 10°C equivale a 4 días a 0°C
- 2 días a 5°C equivalen a $2 \times 2.25 = 4.5$ días a 0°C.

El tiempo de almacenamiento a 0°C equivalente a los 3 días transcurridos a temperaturas más altas es, pues, de $4 + 4.5 = 8.5$ días, lo cual quiere decir que se han perdido $8.5 - 3.0 = 5.5$ días del tiempo de almacenamiento potencial del pescado a 0 °C, y que el tiempo de almacenamiento total se ha reducido de 15 a 9.5 días.

Actualmente se han desarrollado instrumentos que permiten vigilar continuamente la temperatura del pescado y realizan la función de integración del tiempo y la temperatura, con lo que solamente hay que programarlos para la especie (magro o graso, que se da en los casos más comunes) y la situación en cuestión. De estos instrumentos se verán algunos en los capítulos siguientes de este estudio pero dado a que en la práctica las temperaturas a las que se somete el pescado pueden ser más complejas, para obtener los tiempos de almacenamiento equivalentes se requerirán cálculos basados en intervalos de tiempo más cortos.

3.8. Manipulación y descarga del hielo

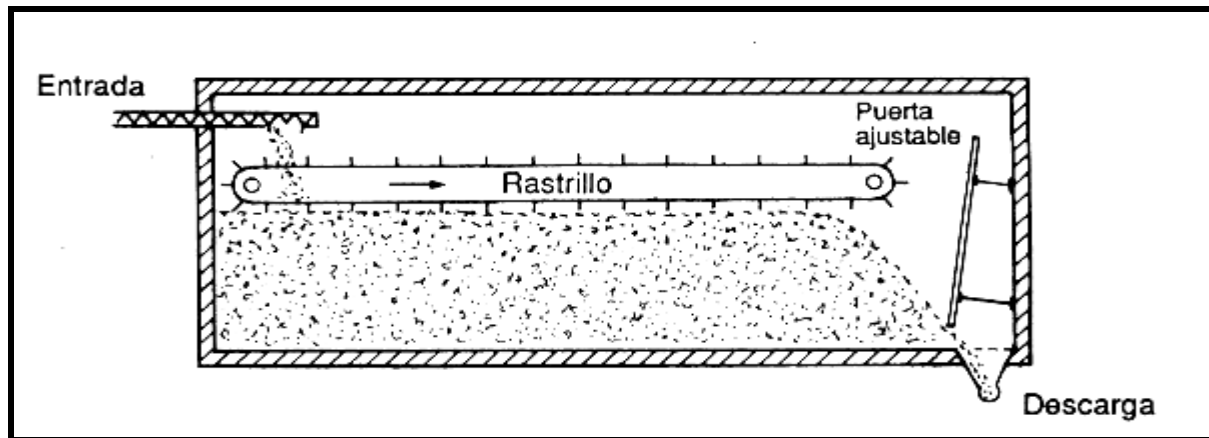
Dados los tipos de máquinas de hacer hielo y la disposición de espacio que se tiene en la planta de Transflex, la manera mas adecuada es colocar la máquina de hacer hielo sobre el espacio de almacenamiento para que este caiga por gravedad.

Esta disposición sirve para las máquinas que producen hielo seco sub-enfriado, con los otros tipos de hielo hay que eliminar el exceso de agua, normalmente en el transportador, antes del almacenamiento y los silos y los depósitos verticales más pequeños no necesitan ningún sistema de distribución del hielo en su interior para asegurar que la carga sea uniforme, en cambio, los depósitos más grandes requieren de algún mecanismo que distribuya el hielo de manera uniforme, tanto si la máquina está encima del almacén como si el hielo llega por transportador.

Para descargar el hielo de los depósitos se pueden utilizar muchos métodos distintos y algunos de ellos sirven también para distribuir el hielo de manera uniforme por todo el espacio de almacenamiento, dichos sistemas generalmente consisten en un rastrillo y un raspador combinados, que quiebran el hielo superficial y lo empujan hacia un extremo del depósito, donde una puerta ajustable regula el flujo a un transportador de descarga. Otro sistema utiliza un balde de uñas o paletas para llevar el hielo al transportador. Ambos sistemas pueden servir para distribuir el hielo, pero tienen la desventaja de que descargan primero el hielo recién hecho.

Como el almacenamiento prolongado del hielo no es conveniente, los depósitos deben vaciarse periódicamente. Como ejemplo podemos observar la siguiente figura:

Figura 9. Depósito de hielo con sistema de rastrillo para su descarga.



Fuente FAO, **Documento técnico de pesca T331**, Pág. 45

La figura anterior se muestra además, que es un sistema de extracción de hielo para depósitos grandes en el que se aplica el principio PEPS, al dar salida al hielo de la parte inferior del depósito.

Otro método que se puede utilizar es a través de un transportador de tornillo sin fin que recorra el depósito a lo largo socavando el hielo y descargándolo a otro transportador que se mueva a su lado, el cual podría ser de correas o líneas cóncavas o bien de tornillo helicoidal ya que este permitiría un desplazamiento tanto vertical como horizontal del hielo pero entre de sus desventajas encontramos que su operación o trabajo sería limitado en lo referente a espacio y además pudiera producir algún tipo de fragmentación en el hielo debido a la agitación. En general se trata de un equipo mecánico pesado y caro que requiere un espacio adicional de suelo fuera del depósito, además consume bastante energía y necesita una estructura especial que refuerce la pared del depósito por el lado en que se descarga el hielo, pero su ventaja primordial estaría en la capacidad y rapidez de despacho.

En lo que respecta a los transportadores de correas para la descarga, estos se utilizan generalmente para distancias largas y en los tramos con pendiente, también se pueden emplear cintas especiales con rebordes y listones transversales, pero la descarga final al camión o al recipiente se efectúa normalmente por gravedad, con ayuda de un tubo móvil manejado por alguno de los operarios.

También se pueden utilizar sistemas neumáticos para desplazar el hielo, pero su uso no es aconsejable, ya que hace falta mucha energía para mover el hielo a velocidades de unos 20 m/s, y esta energía junto con el calor que genera el aire que lo transporta, provoca derretimiento, que reflejaría notoriamente pérdidas. Además, el hielo se fragmenta por el impacto contra las paredes del conducto, con el resultado de que al punto de descarga llega un buen porcentaje de “nieve húmeda”, que ya no es apta para el almacenamiento de pescado.

3.9. Pesaje y transporte del hielo

Para el transporte a los puntos de distribución o a los consumidores, que suele ser a granel, pueden utilizarse vehículos cubiertos no aislados si son distancias cortas pero para los viajes largos el hielo debe estar por lo menos cubierto y, además, en los climas más cálidos puede resultar económicamente conveniente utilizar medios de transporte aislados o incluso refrigerados.

Respecto al pesaje, en las instalaciones actuales, el hielo puede pesarse automáticamente en una cinta transportadora de salida mediante unos dispositivos electrónicos que tienen un margen de error de ± 2 por ciento., este método se utiliza con un sistema que permite el control remoto de la operación

de descarga, así como integrarse con un sistema de contabilidad automático que identifica a los clientes y posibilita un procedimiento de autoservicio, pero este servicio no se efectúa actualmente ya que no son muchos los clientes y se les brinda un servicio personalizado, este sistema completo simplifica los trámites de control de la entrega, contabilidad y facturación.

Y cuando se trata de pequeñas cantidades de hielo, las mediciones se suelen hacer sobre la base del volumen: el peso se determina llenando un contenedor estándar, por ejemplo un saco de quintal o de arroba (según la orden del cliente), un cajón o una tolva. Con el hielo en bloques los pesos de salida se calculan contando el número de bloques antes de pasarlos por el triturador.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1. Hielo en bloques

La máquina de hielo en bloques tradicional fabrica el hielo en moldes que se llenan con agua purificada o ya tratada (salmuera de cloruro sódico o cálcico en circulación) por medio de una bomba o bien se sumergen en un tanque para llenarlos. Las dimensiones de los moldes y la temperatura de la salmuera se seleccionan habitualmente de manera que el período de congelación dure entre 8 y 24 horas, y se debe de llevar control que la salmuera se mantenga a una temperatura de -10°C , siendo circulada constantemente para mantener la temperatura en el depósito y algo muy importante a notar en este proceso es que la congelación demasiado rápida produce hielo quebradizo.

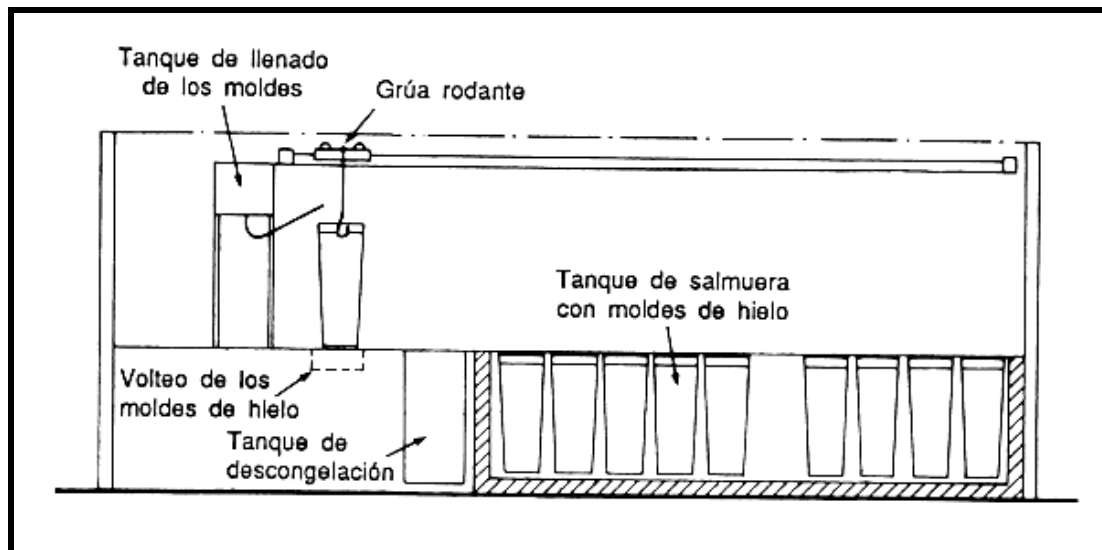
Para la fabricación de este tipo de hielo, se requiere de bastante espacio y se exige una atención continua, por lo que se trabaja con un sistema de turnos, ya que este tipo de hielo requiere de mano de obra para su manipulación, por lo general una planta de 100 ton/día necesita normalmente entre 10 y 15 trabajadores pero en nuestro caso la fabrica utiliza únicamente a 4 operarios para cubrir una producción de 8.5 ton/día. El peso del bloque puede oscilar entre 12 y 150 kg., con arreglo a las necesidades, se considera que el bloque de 150 kg. es el mayor que un hombre puede manipular adecuadamente.

En la elaboración de los bloques de hielo, el tamaño que debe de tener el tanque debe guardar relación con la producción diaria. Dentro de este proceso cuanto más grueso sea el bloque de hielo, más largo será el tiempo de congelación y los bloques de menos de 150 mm. de espesor se rompen con

facilidad. Es preferible un espesor de 150 a 170 mm. para evitar que se quiebren.

Otra de las partes fundamentales del proceso es su forma de traslado, en la fabrica se opto por colocar una grúa rodante que levanta una fila de moldes y los lleva a un tanque de descongelación situado en un extremo del tanque de congelación, donde los sumerge en agua para que el hielo se desprenda, luego los moldes se voltean para que salgan los bloques, se llenan nuevamente de agua dulce y se vuelven a llenar de salmuera para un nuevo ciclo. Para comprender más se pueden observar las siguientes figuras:

Figura 10. Máquina de hacer hielo en bloques.



Fuente: FAO, Documento técnico de pesca T331, Pág. 29

La manipulación, el almacenamiento y el transporte se simplifican si el hielo está en forma de grandes bloques; y la simplificación suele ser imperativa en las pesquerías en pequeña escala y en los sitios relativamente remotos. Con ayuda de un buen triturador de hielo, los bloques pueden reducirse a partículas del tamaño que se desee, pero la uniformidad de tamaño será menor que la que

se logra con otros tipos de hielo, en algunas circunstancias, los bloques pueden fragmentarse también machacándolos a mano.

A continuación se muestran parte de este proceso, que se realiza en Transflex S.A., para tener una mejor visualización del mismo:

Figura 11. Llenado de tanques para el hielo en bloques.

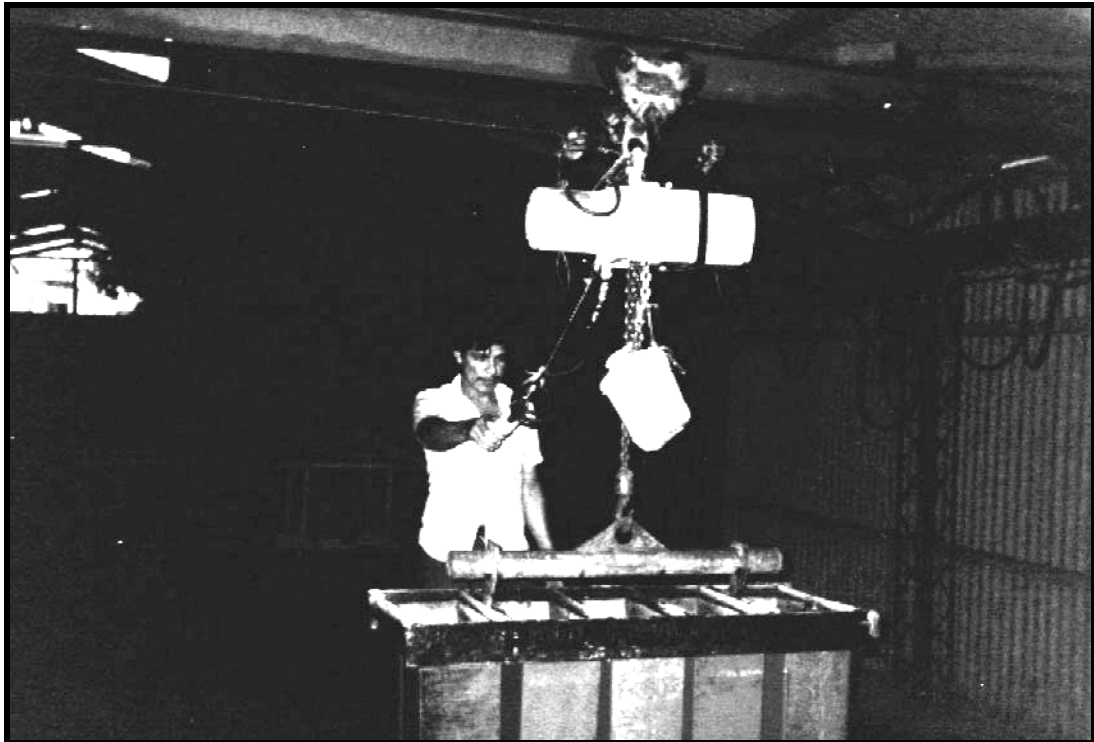


Figura 12. Desescarchado del hielo en bloques.



4.1.1. Hielo en bloques de fabricación rápida

Este tipo de hielo es aquel que se da en pocas horas, lo que significa que si se tienen las necesidades de espacio se reducen considerablemente en comparación con las instalaciones tradicionales que fabrican este tipo de hielo.

Una de las ventajas de la fabricación rápida de hielo en bloques es que la maquina se puede detener y poner en marcha en un tiempo relativamente breve, puesto que para este proceso no se requiere de un gran tanque de salmuera que necesita un enfriamiento inicial como en las máquinas tradicionales, en las que el sistema de refrigeración suele mantenerse en funcionamiento continuo incluso cuando ha terminado la producción de hielo.

El tamaño de los bloques es variable, pero las medidas típicas son de 25, 50 y 150 kg. La congelación relativamente rápida se obtiene formando bloques

en un tanque de agua, en torno a tubos por los que circula el refrigerante, el espesor efectivo del hielo es mucho menor que el que se obtiene con el proceso tradicional.

Los cubos se disponen de manera que a medida que el hielo se forma se fusiona con el de cubos adyacentes creando un bloque con varios núcleos huecos, estos bloques se desprenden de los cubos mediante un procedimiento de desescarchado y pueden extraerse automáticamente de la superficie del tanque.

Sin embargo, se requiere cierto esfuerzo manual para almacenarlos o para introducirlos en un triturador, si lo que se necesita es hielo machacado.

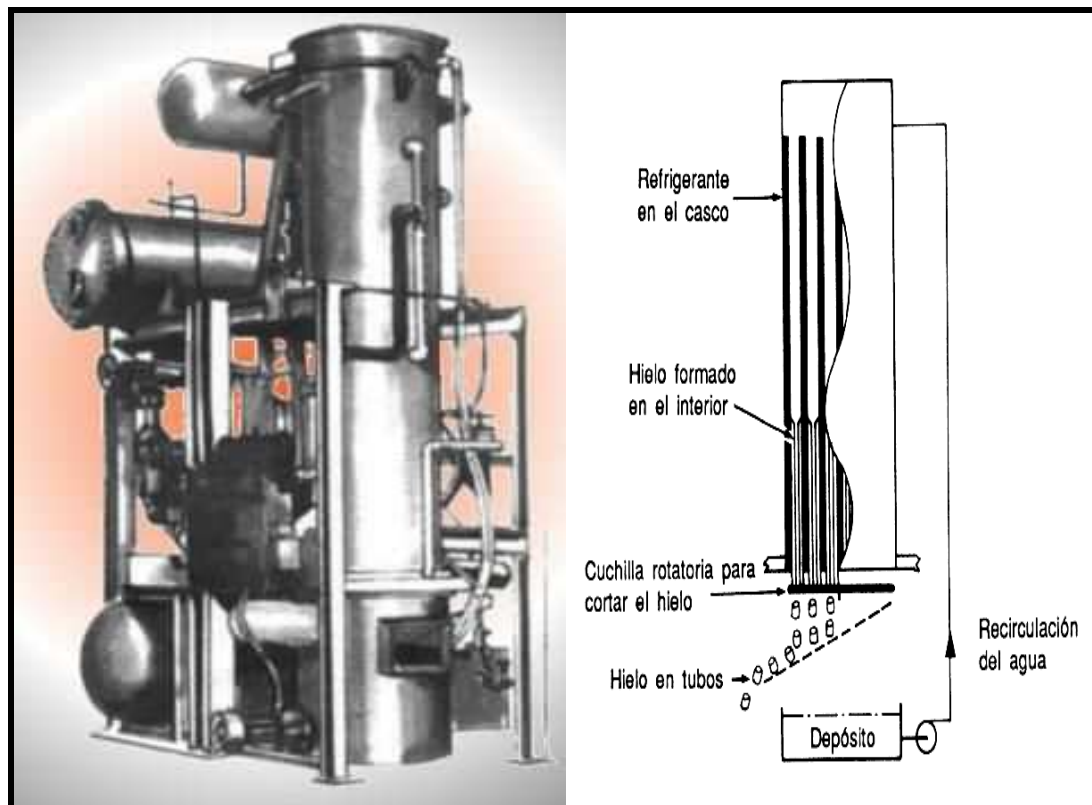
Bajo el mismo proceso pero con otro tipo de máquina de hacer hielo rápido, el refrigerante circula por una camisa que rodea cada molde de agua y también por tuberías que pasan por el centro de los mismos, formándose el hielo simultáneamente en el exterior y en el centro de los moldes. Los bloques se extraen luego por gravedad, después de un desescarchado con gas caliente.

4.1.2. Hielo en tubos

Para este tipo de hielo, la máquina funciona automáticamente según un ciclo de tiempo y los tubos de hielo se desprenden mediante un proceso de desescarchado con gas caliente, a medida que el hielo sale del tubo, una cuchilla lo corta en trozos de la longitud adecuada, normalmente de 50 mm., pero esta dimensión es ajustable. El transporte del hielo a la zona de almacenamiento suele ser automático, por lo cual, las operaciones de recogida y almacenamiento no requieren ningún esfuerzo manual ni la presencia de un

operador a no ser que no se cuente con depósito de almacenamiento o fajas para transportarlo. Obsérvese la siguiente figura:

Figura 13. Máquina y funcionamiento para hielo en tubos.



Fuente: FAO, Documento técnico de pesca T331, Pág. 32.

Como se puede apreciar en la figura anterior, el hielo en tubos se forma en la superficie interna de unos tubos verticales y tiene la forma de pequeños cilindros huecos de unos 50 x 50 mm., con paredes de 10 a 12 mm. de espesor. La disposición de una planta de hielo en tubos es semejante a la de un condensador acorazado y tubular, con agua dentro de los tubos y el refrigerante afuera, en el espacio circundante.

El sistema de descarga del equipo comprende un triturador de hielo que se puede ajustar para obtener hielo del tamaño que convenga al cliente, aunque este tipo de hielo es mas bien grande e inadecuado para la preservación prolongada del pescado dado que al estibarlo el hielo no tiene mucha área de contacto, solamente tocaría puntos del pescado; pero se puede utilizar si el usuario va a consumir el pescado en pocas horas.

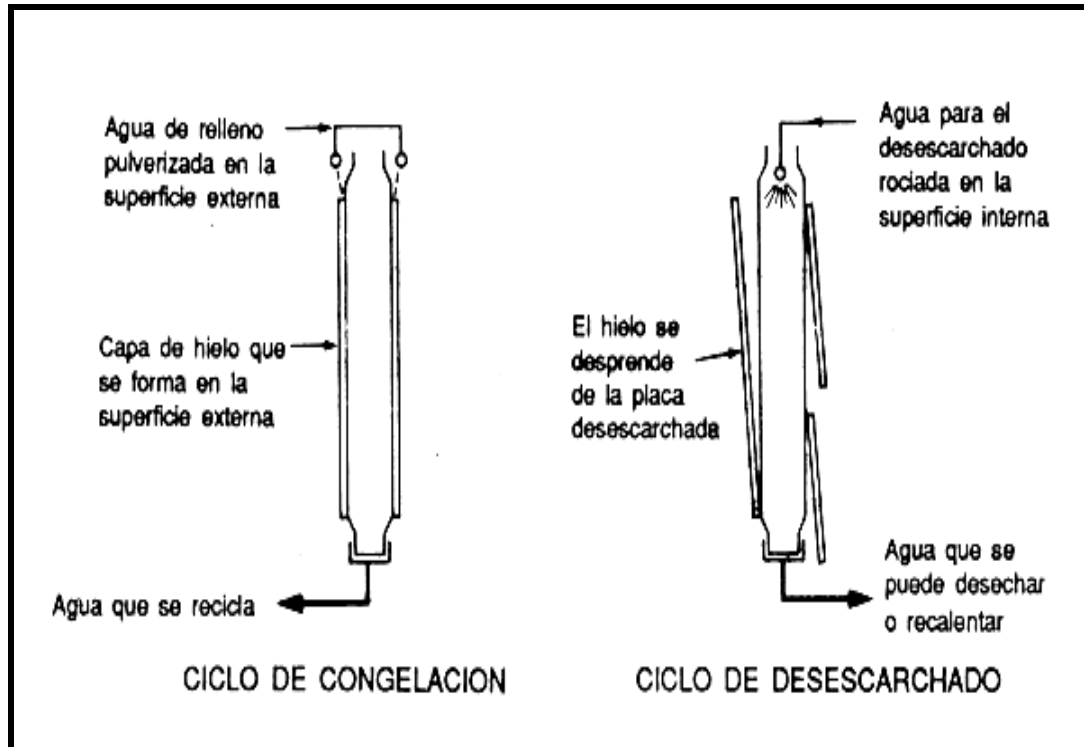
La temperatura común de funcionamiento de este tipo de maquina oscila entre $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, el hielo no está siempre sub- enfriado cuando llega al almacén, pero generalmente es posible mantenerlo a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por ejemplo en un congelador, ya que el tamaño y la forma de las partículas permiten desmenuzarse fácilmente el hielo para su descarga, con esto se quiere decir que al momento de pegarse el trocito de tubo de hielo con otro, es fácilmente lograrlo desprender para darle uso.

4.2. Hielo en placas

Esta máquina, al igual que la de hielo en tubos, funciona según un ciclo de tiempo automatizado y el hielo es transportado a la zona de almacenamiento a través de fajas y con la ayuda de los operarios para no quebrarla, o bien, cuando se tiene espacio se puede colocar la máquina directamente sobre el área de almacenamiento, teniendo la recogida por gravedad.

El hielo en placas se forma en una de las caras de una placa vertical refrigerada y se desprende haciendo circular agua por la otra cara para desescarcharlo, como se muestra en la figura siguiente:

Figura 14. Máquina de hacer hielo en placas.



Fuente: FAO, Documento técnico de pesca T348, Pág. 33

Otros sistemas forman hielo en ambas superficies y utilizan un procedimiento de desescarchado interno, el agua para esta función debe calentarse si su temperatura es inferior a 25°C aproximadamente, por debajo de este valor el período de desescarchado es demasiado largo y provoca una pérdida de capacidad y un aumento del costo.

La máquina de hacer hielo comprende múltiples placas que con frecuencia son unidades autónomas situadas encima de la maquinaria de refrigeración, el espesor óptimo del hielo suele ser de 10 a 12 mm. y el tamaño de las planchas es variable, según como lo requiera el cliente o lo adecuado para su almacenamiento, lo cual se logra con un triturador.

4.3. Hielo fundente

La unidad de enfriamiento que fabrica “hielo fundente” se denomina permutador térmico de superficie rascada, y consiste en tubos concéntricos entre los cuales fluye el refrigerante Freón – 12.¹, el agua se halla en el tubo interno, cuya superficie interna se rasca utilizando un tornillo rotatorio.

Los pequeños cristales de hielo que se forman en la superficie del tubo se raspan y se mezclan con agua no congelada, esto produce una pasta de hielo y agua, que puede contener hasta un 30 por ciento de agua, en términos de peso.

Esta mezcla puede bombearse, o bien se le puede eliminar la mayor parte del agua en un separador mecánico y utilizarse como una forma de hielo “seco”; pero lamentablemente este hielo no es muy apropiado para preservar el pescado ya que contiene gran cantidad de agua y si se hace pasta no logra penetrar la piel escamosa del pescado, es decir, no tendría mucha área de contacto.

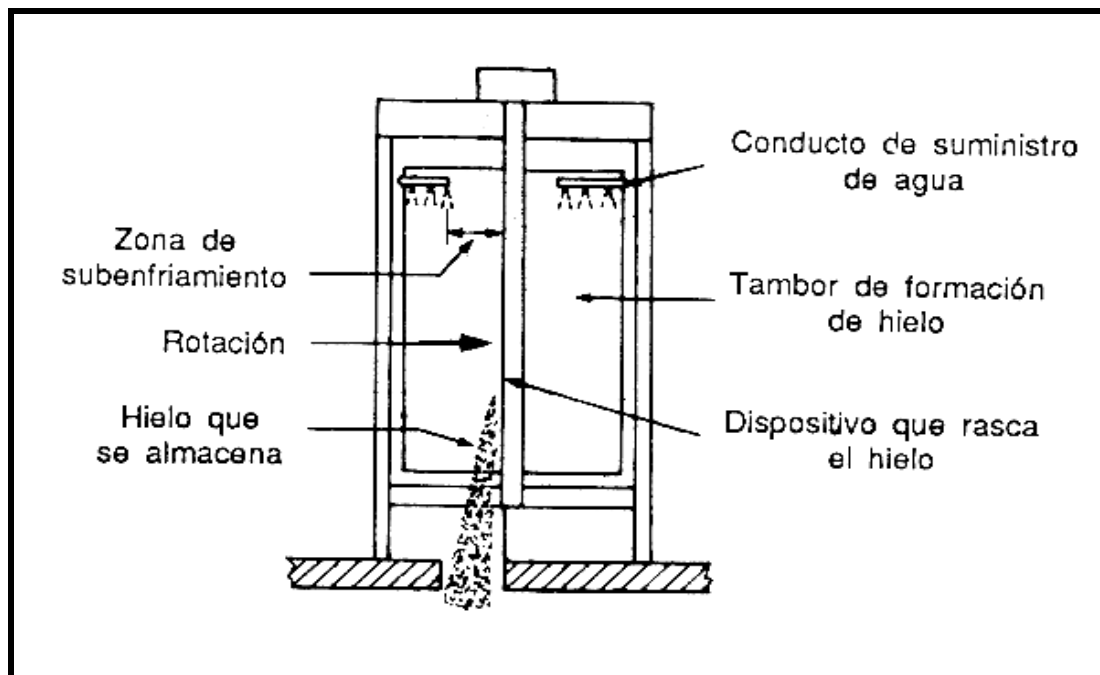
4.4. Hielo en escamas

El método de preservar el pescado a través del hielo en escamas es el más conveniente tanto para pesqueras industriales como para minoristas y pesqueros artesanales, en virtud de que al fabricar hielo en esta forma se obtienen dimensiones de 2 a 3 mm. de espesor en la superficie de un cilindro enfriado que se tienen en la máquina, y al extraerlo viene en forma de escamas secas sub-enfriadas, habitualmente de 100 a 1000 mm² de superficie.

¹ Es un tipo de refrigerante líquido. Su nombre químico es Dicloro- Difloro- Metano. Es inodoro, incoloro y no es tóxico.

En algunos modelos de equipo, el cilindro o tambor gira y la cuchilla que rasca el hielo de la superficie externa permanece fija, en otros, la cuchilla gira y saca hielo de la superficie de un tambor fijo que en este caso tiene la forma de un cilindro de dos paredes, lo común es que el tambor gire en un plano vertical, pero en algunos modelos la rotación es horizontal. Obsérvese la siguiente figura:

Figura 15. Esquema de la unidad de fabricación del hielo en escamas



Fuente: FAO, Documento técnico de pesca T436, Pág. 33

Una clara ventaja del método del tambor giratorio es que tanto las superficies en que se forma el hielo como el mecanismo de extracción están a la vista y el operador puede observar si el equipo está funcionando satisfactoriamente. La máquina con el tambor fijo tiene la ventaja de que no requiere un obturador rotatorio en los conductos de entrada y salida del

refrigerante, sin embargo, las máquinas modernas cuentan con obturadores de un alto grado de fiabilidad.

Al fabricar hielo de este tipo, cuando se extrae está sub-enfriado, el grado de sub-enfriamiento depende de varios factores, principalmente de la temperatura del refrigerante y del tiempo que el hielo permanece expuesto a esa temperatura. La zona de subenfriamiento del tambor está situada inmediatamente delante de la cuchilla, donde no se añade agua durante una parte de la rotación del tambor y el hielo baja de temperatura, esto asegura que sólo caiga hielo seco sub-enfriado en el espacio de almacenamiento situado inmediatamente debajo de la cuchilla.

La temperatura del refrigerante, el grado de subenfriamiento y la velocidad de rotación del tambor son factores variables en este tipo de máquina e influyen tanto en la capacidad de la misma como en el espesor del hielo producido. Otros factores, como la temperatura del agua de relleno, también afectan a la capacidad de la máquina, así pues, las condiciones óptimas de funcionamiento dependerán tanto de las condiciones locales como del espesor del hielo deseado.

La temperatura normal del refrigerante en una máquina de hielo en escamas es de -20°C a -25°C , es decir, mucho más baja que en otros tipos de máquinas de hacer hielo. Esta baja temperatura es necesaria para obtener velocidades más altas de formación de hielo.

La necesidad adicional de energía que se ocasiona por el funcionamiento a una menor temperatura queda parcialmente compensada por el hecho de que este método de producir hielo no requiere de un descarchador, de esta manera

se elimina la carga de refrigeración adicional que se obtiene con el método de desprender el hielo del tambor.

La gama de medidas de este tipo de máquinas abarca ahora unidades con una capacidad desde 0.5 hasta 60 t/24 horas. Sin embargo, en lugar de una sola, a menudo es conveniente utilizar dos o más unidades, lo que permite una mejor organización para funcionar a capacidad reducida y brindar también cierto grado de protección contra averías graves. Este consejo se aplica asimismo a las otras clases de máquinas de hacer hielo automáticas.

4.5. Sistema de refrigeración en la planta de hielo

Para comprender al sistema de refrigeración, debemos entender lo que refrigeración significa; y la refrigeración es el proceso de producir frío o, más precisamente de extraer calor, puesto que a diferencia del calor, el frío no se puede producir y además tampoco se puede convertir el calor en otra energía para conseguir energía y frío.

Para enfriar lo que se realiza es aprovechar diferencias de temperaturas para extraer energía térmica (calor) mediante el ciclo de Carnot (ese ciclo explica el fenómeno, pero en la práctica se usan otros, ya que el de Carnot es solamente teórico), es decir, transportar calor de un lugar a otro, o dicho de otra manera, el lugar al que se sustrae calor, se enfría.

En la planta de fabricación de hielo, refiriéndose a la máquina en sí, se tiene un régimen continuo y está diseñada para funcionar las 24 horas del día, con poco personal de vigilancia y el sistema de refrigeración que comprende el compresor, el condensador, los cuartos fríos, los conductos, el equipo de control y la máquina de hielo misma, deberá estar diseñado de manera que sea

altamente confiable, con dispositivos de seguridad para cualquier tipo de avería o mal funcionamiento previsible.

El sistema de refrigeración de una máquina de hacer hielo es normalmente una unidad separada, que se puede mantener en buenas condiciones de funcionamiento mediante un sistema de control sencillo, ahora, en una planta centralizada que atiende distintas necesidades de refrigeración se requiere un sistema de control más complejo, sobre todo si las necesidades de refrigeración varían de forma independiente.

La mayoría de los fabricantes de máquinas de hacer hielo especifican el sistema de refrigeración que debe utilizarse, pero en nuestro caso inevitablemente las necesidades particulares imponen modificaciones y ocurre que técnicos de instalación no directamente vinculados con el fabricante de la máquina realicen el diseño de sus propios sistemas.

La mayoría de los refrigerantes comunes, tales como el amoníaco y los hidrocarburos halogenados, que se conocen bajo nombres comerciales como Arcton, Freón e Isceón, se consideran normalmente adecuados para las plantas de hielo, pero la mayor parte de las máquinas de hacer hielo pueden funcionar con cualquiera de ellos, los nombres comerciales de los refrigerantes se utilizan todavía ampliamente, aunque lo más correcto es denominarlos según el sistema de numeración acordado internacionalmente, es decir, el amoníaco se conoce como R717, y los hidrocarburos halogenados más comunes como R12, R22 y R502; en algunos casos, la elección del refrigerante dependerá de la disponibilidad local y del costo, sin embargo, hay muchos otros factores complejos que deben considerarse a la hora de seleccionar un refrigerante.

En el caso de la planta en cuestión no sería viable colocar una unidad centralizada en virtud de que suelen tener unos costos de capital más bajos, y cualquier deficiencia en su funcionamiento, en comparación con las unidades individuales, puede originar pérdidas de ingresos en otros aspectos, por ejemplo por el deterioro de la calidad en los almacenes refrigerados o en los congeladores y cámaras frigoríficas asociados. Estas pérdidas pueden contrarrestar el ahorro en gastos de capital.

Un aspecto muy importante es, como se mencionó anteriormente, la elección del refrigerante. Dado que además de producir hielo debemos proteger nuestra capa de ozono, por lo que NO hay que utilizar los hidrocarburos halogenados que estén hechos a base de clorofluorocarburos o CFC, ya que estos contribuyen a la destrucción de la misma.

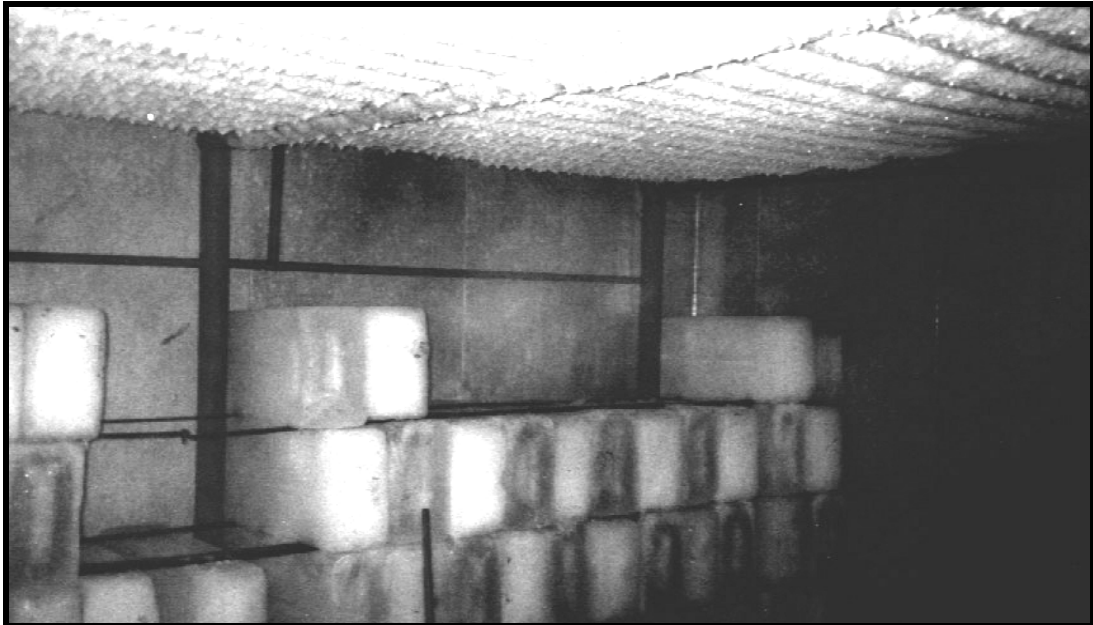
En nuestro sistema de refrigeración se ha tenido el cuidado de que el colector del compresor, ya que contiene aceite, no se conecte directamente y se llegue a introducir este en la máquina de hacer hielo y ensuciar la parte refrigerante de las superficies de enfriamiento, reduciendo así la capacidad de la máquina. El sistema de refrigeración ahora está dotado de separadores de aceite para reducir al mínimo este peligro, pero también es necesario asegurarse de que haya un buen retorno de aceite desde la máquina de hacer hielo, a fin de evitar su acumulación en la mezcla, y así de esta manera se logrará establecer un control visual por parte de los operarios encargados y con tiempos establecidos de 8 a 15 hrs. para eliminar el aceite a intervalos frecuentes.

Además se implementará un control rígido de la distribución de refrigerante, con fin de evitar fugas y de asegurar que cada máquina de hacer hielo cuente en todo momento con una cantidad suficiente, por ejemplo en los

sistemas de circulación por bombeo o por gravedad ya que en estos los conductos de refrigeración están diseñados a manera que las caídas de presión no generen condiciones de refrigeración variable en la maquina de hacer hielo.

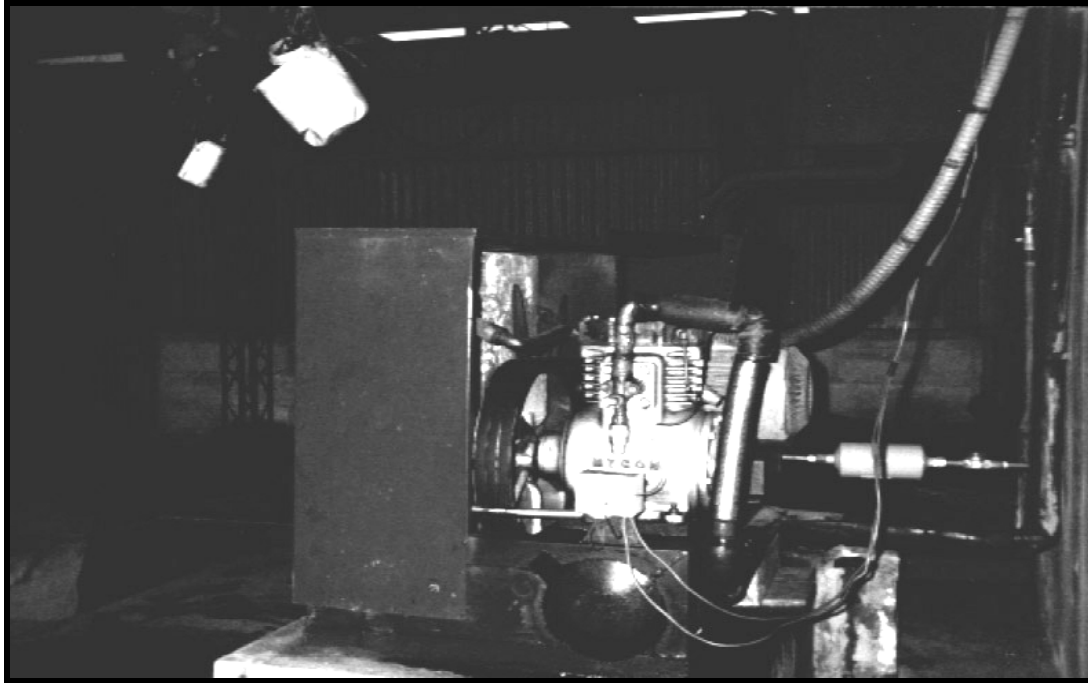
A continuación se presentan algunas figuras:

Figura 16. Cuarto frío.



Fuente: Transflex, S.A.

Figura 17. Compresor aislado de la unidad de enfriamiento.



Fuente: Transflex, S.A.

4.5.1. Especificaciones de mantenimiento del compresor

Para el proceso de fabricación de hielo, dado el equipo que se utiliza, se tiene un compresor recíprocante en funcionamiento aunque se puede utilizar un compresor de tornillo en virtud de que normalmente suministran aire de mayor pureza.

Para obtener el rendimiento óptimo de esta unidad dentro de su servicio podemos:

- Comprobar el nivel del aceite en el cárter, las cabezas de las bielas y los contrapesos del cigüeñal dado a que no deben sumergirse.

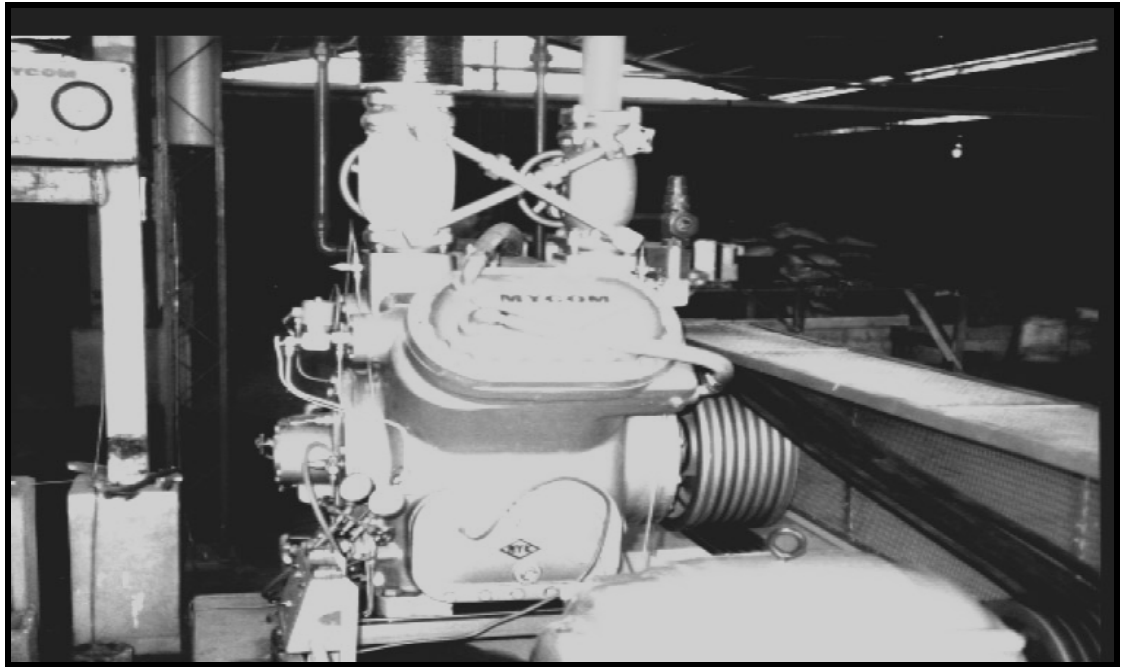
- Las tuberías de aspiración y de impulsión de la bomba de engranajes deben llenarse de aceite.
- Si es necesario, limpiar el filtro.
- Cargar los engrasadores de presión del cilindro y observar a través de las mirillas de vidrio para hacerlos girar a mano frecuentemente.
- Comprobar la libertad de trabajo del regulador de presión y conectar el compresor para marcha en vacío. Abrir el agua de refrigeración y esperar a que salga, luego abrir las llaves o compuertas de los tubos de aspiración y de impulsión.
- En cada servicio, poner en marcha la máquina de accionamiento (en general debe alcanzarse el máximo número de revoluciones al cabo de unos 10 segundos).
- Para su puesta en marcha se debe de cargar poco a poco el compresor y regular el agua de refrigeración para que su temperatura de salida sea inferior a 40° (peligro de incrustaciones).
- Siempre se debe comprobar que el sentido de rotación sea el correcto, puesto que si gira al revés no funcionarán la bomba de engranajes ni el sistema de engrase a presión.
- Siempre, después de una reparación importante se tratará de dar a mano varias vueltas a la máquina, para asegurarse de que los émbolos y la transmisión se mueven sin dificultad.

Si el compresor esta en funcionamiento, se debe de tomar las siguientes indicaciones:

- Vigilar el nivel y la presión del aceite, así como la carga y el funcionamiento de los engrasadores a presión para el cilindro, la temperatura y la presión del gas y el circuito de agua de refrigeración.
- Verificar a menudo los cojinetes, superficies de deslizamiento y vástago del émbolo por sí se calientan más de lo normal.
- Tocar con la mano las tuberías de aspiración del gas de los prensaestopas (si aquellas están calientes, los prensaestopas están mal ajustados; las fugas pequeñas se corrigen con un fuerte engrase).
- Con intervalos de media a una hora se dará salida al agua y al aceite acumulado en los refrigeradores intermedios.
- Una vez al día, como mínimo se purgará el agua del acumulador de aire
- Cada hora, leer y anotar en el diario de máquinas la presión de trabajo, las temperaturas del gas, del aceite y del agua de refrigeración y otros datos de servicio.
- Los engrasadores se llenarán siempre con aceite nuevo, comprobando de vez en cuando el consumo de aceite y rectificando la regulación.

El compresor utilizado en Transflex, S. A. lo podemos apreciar en la siguiente figura:

Figura 18. Compresor recíprocante.



Fuente: Transflex, S.A.

4.5.2. Especificaciones de mantenimiento del condensador

Este es el mantenimiento más importante de toda máquina frigorífica y debe llevarse a cabo durante todo el año.

Para iniciar los condensadores no deben de tener ningún tipo de impedimento u obstáculo en las secciones de flujo de aire entrante y saliente, para tener buen acceso y espacio al darle mantenimiento, uno de los métodos que se recomienda es el de utilizar la limpieza con aire comprimido o gas carbónico en la sección de las aspas del ventilador; o bien, para evitar gastos mayores una rutina visual diaria por parte del operador podrá prevenir que en el

espacio entre aspas se junte polvo y sencillamente con un cepillo limpiar dicha sección.

Además para el mantenimiento de esta unidad del sistema de refrigeración, se debe tomar en cuenta que:

- Al encender los motores, se debe controlar que los ventiladores giren en el sentido correcto y que la circulación de aire es del condensador hacia los ventiladores.
- Toda conexión eléctrica debe ser inspeccionada, al menos una vez por semana, para impedir cortos circuitos.
- Si la limpieza del condensador se realiza con agua, debe ser a una presión máxima que no sobrepase los tres bares y a una distancia de 1.5 metros.
- Nunca se debe utilizar detergentes agresivos.
- Proteger los motores de los ventiladores de cualquier humedad.
- Quitar las cabezas de los condensadores de armazón y de tubo y limpiar las adherencias y suciedades de los tubos.
- Limpiar los espirales, desagües, boquillas de rociado y el desagüe de sobre flujo de los condensadores de evaporación.

- Dada la relación directa con las cámaras frigoríficas, se debe de limpiar el desagüe y las boquillas de rociado en la torre de enfriamiento y revisar el ajuste y solidez de los deflectores.
- Revisar periódicamente la válvula de agua suplementaria para asegurarse de que está operando apropiadamente.
- Revisar la válvula de expansión termostática mensualmente, esta se utiliza generalmente con los sistemas de compresor alternante. Revisarlo para asegurar la calibración apropiada de sobrecalentamiento para todo su rango de funcionamiento, debido a que si no está operando dentro de sus límites de diseño puede afectar el funcionamiento seguro del equipo.

Se debe mantener siempre presente que un condensador sin mantenimiento adecuado aumenta el consumo de energía hasta en 15% y reduce sensiblemente la vida útil del compresor.

4.5.3. Especificaciones de mantenimiento del cuarto frío

La cámara frigorífica o cuarto frío, como comúnmente se le llama, es una estructura muy sencilla, que utiliza el aire de tiro forzado para el enfriamiento del producto.

Dentro del mantenimiento de esta unidad del sistema de refrigeración, debemos notar que:

- La temperatura del producto (hielo y pescado) y la humedad debe controlarse frecuentemente durante el enfriamiento y almacenaje para

impedir el sobreenfriamiento y daño por frío del producto. Con este control podemos tener una reducción substancial del costo de la energía.

- Hay que determinar la capacidad de enfriamiento¹ y la de almacenamiento para no tener pérdidas de frío ni forzar el equipo.
- Todas las acumulaciones del agua de condensación deben evacuarse de la estructura.
- Debe limpiarse completamente todo el cuarto frío de almacenamiento antes de llenarlo.
- Si los recipientes de carga se mantienen dentro del cuarto, debe desinfectarse las superficies con una solución de hipoclorito de sodio al 0.25 por ciento (puede usarse 1 galón de cloro en 20 galones de agua) aplicados con una lavadora de alta presión y debe ventilarse el cuarto durante algunos días, para que se seque.
- La tubería de refrigeración, los ventiladores y los conductos deberán ser revisados y limpiados regularmente.
- Limpiar cada semana las espirales de refrigeración, debido a que si trabajan con suciedad pueden disminuir considerablemente su eficiencia térmica.

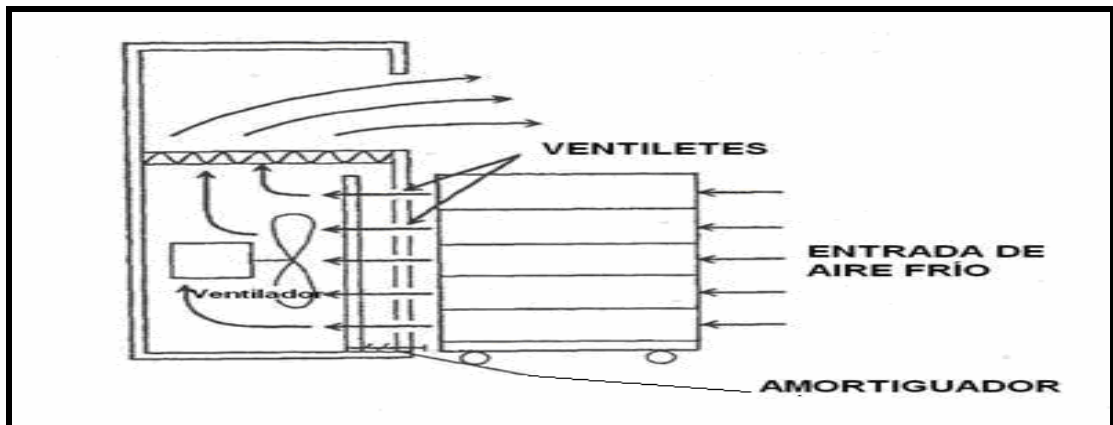
¹ La capacidad de enfriamiento es una medida de la velocidad a la que un sistema puede transferir energía calórica y es expresada normalmente en toneladas. Una tonelada de refrigeración es la que puede transferir el calor necesario para disolver una tonelada de hielo en un período de 24 horas (288.000 BTU)

- Las juntas deben ser calafateadas y las puertas contar con un sello de goma.

Para esta etapa dentro del proceso de enfriamiento del pescado, que es la del almacenamiento en el cuarto frío y su mantenimiento adecuado se puede tener como alternativas las siguientes acciones para que sea más eficiente:

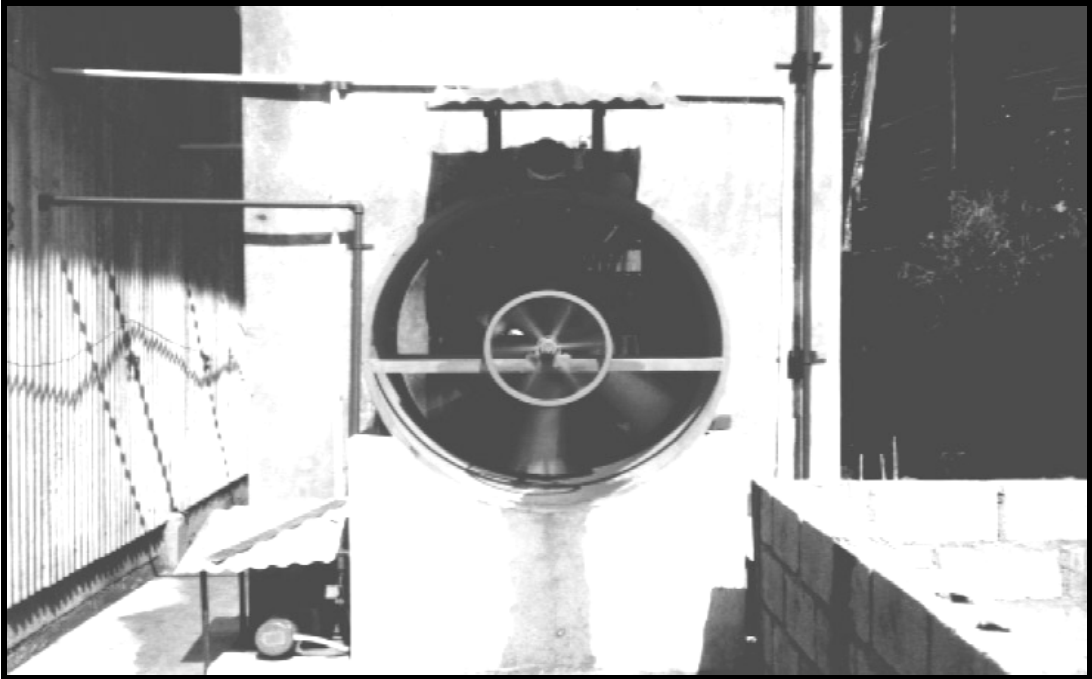
- a. Añadir un sistema simple de recirculación que consiste de un ventilador colocado por debajo del nivel del piso de la cámara en un extremo de un espacio libre a la entrada del respiradero y a dónde llega también el conducto de recirculación del aire de retorno que se mezcla con el aire frío que entra; o bien
- b. Adaptando enfriadores de aire forzado que se diseñan para mover el aire húmedo y frío sobre el producto. Esto lo podemos apreciar en el ejemplo que se da a continuación, el cual es el de una unidad fija donde un ventilador se aloja en el interior de la pared de un cuarto frío.

Figura 19. Ventilador de aire forzado de pared fría.



Fuente: Rosales, Robert. **Manual del ingeniero de planta**, Pág. 108

Figura 20. Ventilador de aire forzado.



Fuente: Transflex, S.A.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Método de fabricación de hielo con agua de mar

La fabricación de hielo con agua de mar es una forma de darle seguimiento a los métodos adecuados de preservación del pescado dado que la eficacia del hielo de agua de mar, en comparación con el de agua dulce y según el método de fabricación (vistos anteriormente), puede ser menos homogéneo que el de agua dulce cuando está recién hecho, además, el hielo de agua de mar pierde salmuera por lixiviación durante el almacenamiento, de modo que no tiene un punto de fusión bien determinado; dada esta situación, el pescado conservado con este tipo de hielo puede estar a veces a una temperatura demasiado baja, congelándose parcialmente, o bien puede absorber una parte de la sal del hielo.

Sin embargo, cuando las opciones son no disponer de suficiente hielo o disponer de abundante hielo de agua de mar, es indudable que este último puede y debe utilizarse para enfriar el pescado que de otra manera se descompondría con mayor rapidez. La fabricación de hielo de agua de mar ofrece particulares ventajas, por ejemplo:

- para aumentar los suministros de hielo a un cliente portuario que realice viajes largos.
- Acceso de este tipo de hielo en las comunidades costeras en que la mayoría son pesqueros artesanales o habitan lejos del pueblo y el agua dulce es tan escasa y cara.

- Relativamente económica para su fabricación.

Es importante recordar, que el agua de mar que se emplee para hacer hielo deberá estar incontaminada; con enorme frecuencia la calidad del agua de las costas o los puertos es tan mala que resulta peligroso utilizarla para tratar alimentos.

5.1.1. Agua de mar refrigerada y sus aplicaciones

Las expresiones agua de mar refrigerada (AMR) y agua de mar enfriada (AME) describen el agua de mar que se ha enfriado a algo menos de 0°C, en algunos casos se utiliza una salmuera de aproximadamente la misma salinidad que el agua de mar. No existe una clara distinción entre las dos expresiones pero generalmente se habla de AMR cuando es un sistema de refrigeración mecánico el que enfría el agua, mientras que AME se utiliza más a menudo cuando el enfriamiento se consigue mediante la adición de hielo.

El AMR no ha desplazado en absoluto al hielo, pero se utiliza como medio de enfriamiento en ciertas pesquerías debido a que ofrece las siguientes ventajas:

- Enfriamiento más rápido.
- Menos presión sobre el pescado.
- Posibilidad de una temperatura de conservación más baja.
- Manipulación más rápida de grandes cantidades de pescado con poca demora o mano de obra.

- En algunos casos, mayor tiempo de almacenamiento.

Pero este método tiene también sus desventajas; entre ellas se pueden mencionar:

- la excesiva absorción de sal.
- la absorción de agua por especies de bajo contenido graso.
- la pérdida de proteínas.
- los problemas relacionados con las bacterias de la putrefacción y la modificación de las características que siempre se han utilizado como indicadores de la calidad del pescado, por ejemplo el descoloramiento de las agallas, la opacidad de la piel y el escurrimiento de productos finales solubles de la putrefacción.

Aplicaciones:

El método de agua de mar refrigerada se ha utilizado para la sardina, salmón, róbalo, pargo, camarón, corvinas, dorados, la bacaladilla y otras muchas especies. Para la aplicación de este método y tener los mejores resultados, lo mejor es utilizarlo a granel con pescado destinado a la fabricación de conservas o a otros procesos industriales, para darnos una idea de los casos en que los sistemas de AMR pueden resultar ventajosos, se muestran a continuación algunas de las aplicaciones comerciales:

- Se utiliza en embarcaciones que se alejan por determinado tiempo (días) en que el pescado almacenado a granel y no refrigerado entre el

momento de la captura y la elaboración se deteriora rápidamente, sobre todo en los climas más cálidos.

- En las especies industriales, como el camarón, se enfrían en sistemas de AMR para que mantengan su calidad hasta el momento de la descarga para su transformación en harina. Antes, el pescado se elaboraba dentro del primer día después de la captura, pero los viajes más largos han hecho necesario su enfriamiento a fin de que se mantenga firme e idóneo para la elaboración.
- En el salmón el método se ha utilizado para almacenar y transportar grandes cantidades antes de su transformación en producto envasado. En esta aplicación la absorción de sal reviste relativamente poca importancia, y la facilidad de la manipulación, normalmente con salabardos¹, confiere al sistema una ventaja sobre el almacenamiento en hielo.

Resumiendo, los sistemas de AMR han demostrado su eficacia en los siguientes casos:

- En el enfriamiento del pescado a granel antes de su elaboración, evitando el exceso de manipulación.
- En el enfriamiento de las especies industriales, para poder hacer viajes más largos, mejorar la manipulación y reducir las pérdidas.

¹ Término utilizado por los pescadores que hace referencia a la manga de la red que se utiliza para sacar la pesca de las redes grandes.

- En el enfriamiento a granel en las embarcaciones que tienen que manejar con rapidez grandes cantidades de pescado.
- Cuando las desventajas de la absorción de sal no son importantes, pudiendo almacenarse la captura durante períodos relativamente largos.

Se puede determinar entonces que con estas aplicaciones se puede abarcar una gran cantidad de circunstancias, según las especies y las condiciones climáticas reinantes, pero resulta difícil generalizar en lo que respecta a la descripción y utilización de los sistemas de agua de mar refrigerada si se está pensando en una aplicación a escala comercial, y es recomendable hacer antes una investigación de todos los factores, teniendo en cuenta las variaciones estacionales en la calidad de las especies en cuestión y el producto final que se pretende obtener.

5.1.2. Absorción de la sal

Este es probablemente el factor más importante que limita la aplicación del método de agua de mar refrigerada, ya que el pescado destinado a la elaboración y comercialización normales puede adquirir un sabor salado que lo haga inaceptable.

La absorción de sal en las especies industriales también es crítica, ya que se concentra durante la elaboración y el límite superior equivale normalmente a una concentración de alrededor del 0.5 por ciento en el pescado crudo.

La absorción de sal depende de lo siguiente:

- a. El contenido de sal del agua de mar refrigerada.

- b. La especie
- c. La relación AMR/pescado
- d. La talla de los ejemplares.
- e. La temperatura.
- f. La duración del almacenamiento.

En el siguiente cuadro se ilustra la absorción progresiva de sal por el róbalo almacenado aplicando el método de agua de mar refrigerada, con una relación pescado/agua de 2 a 1.

Los resultados experimentales se expresan como porcentajes de sal en los filetes.

Tabla XIII. Absorción de sal por el róbalo en agua de mar refrigerada.

Almacenamiento (días)	Agua de mar refrigerada (AMR) % de sal	Hielo % de sal
5	0.3	0.1
9	0.5	0.1
15	1.0	0.1

Fuente: Investigación directa.

Los límites de aceptabilidad deberían establecerse no sólo en función de las especies y del producto final, sino también en relación con la tolerancia de

los consumidores ya que se considera que uno de los factores que determina el límite aceptable de la absorción de sal es la preferencia del consumidor.

El hielo de agua de mar refrigerada puede tener una duración muy corta en muchos casos, en contraste con el róbalo, el pargo no se vuelve inaceptablemente salado, incluso después de varias semanas de almacenamiento. Esta diferencia entre especies parece estar relacionada con la talla del pescado, el contenido de grasa y la resistencia de la piel a la penetración de la sal.

5.1.3. Deterioro del pescado en agua de mar refrigerada

Para definir si es o no un método adecuado el agua de mar refrigerada para la preservación del pescado, se puede comparar en cierta forma contra el preservado con hielo de agua dulce, obteniendo así los siguientes datos:

- La limpieza del sistema de refrigeración con agua de mar hay que realizarla a diario.
- Si el período en estiba es breve, el pescado conservado en AMR puede tener un aspecto notablemente mejor que el almacenado en hielo, ya que no presenta las hendiduras que producen muchos tipos de hielo y su consistencia suele ser más firme.
- En lo referente al almacenamiento lo más importante en contra del almacenamiento en AMR es la posible proliferación de bacterias anaeróbicas, que da lugar a sabores y olores desagradables, con predominio del sulfuro de hidrógeno.

- Con el método del hielo de agua de mar refrigerada el pescado puede manipularse y enfriarse rápidamente, lo que le da una ventaja de entrada respecto del pescado en hielo de agua dulce, que puede sufrir demoras a una temperatura ambiente más alta debido al trabajo que lleva su clasificación y estiba.
- Con el almacenamiento en AMR, el oxígeno tiende a desaparecer, creándose condiciones anaeróbicas.
- El hielo contiene mucho aire en su masa y los métodos normales de almacenamiento permiten que el aire circule en alguna medida entre los anaqueles y alrededor de las cajas, por lo que las bacterias anaerobias no prosperan.
- Otra desventaja del sistema de AMR es que el deterioro puede afectar a toda la captura, mientras que con el almacenamiento en hielo el problema se limita por lo general a la zona de aplicación, suponiendo variedad de situaciones respecto del entorno.

5.2. Instrumentos para la medición de temperatura

El mantenimiento de un registro constante de la temperatura en todas las fases de la elaboración es una buena práctica que debería fomentarse. Si la fábrica es suficientemente grande, puede considerarse la posibilidad de instalar una red de termómetros con un registrador continuo de curvas o de datos; de lo contrario se pueden utilizar termómetros de cuadrante o registradores circulares.

El instrumento utilizado para controlar las temperaturas de una cámara de refrigeración debe ser capaz de detectar pequeñas variaciones de temperatura con mucha rapidez, y la cubeta detectora ha de estar situada de manera que indique las fluctuaciones de temperatura provocadas, por ejemplo, por la apertura de una puerta. Sin embargo, no debe hallarse tan cerca de la puerta o de los serpentines planos de refrigeración como para que registre una temperatura no representativa de la cámara en su totalidad. Dependiendo del tamaño de la fábrica de hielo, habrá que instalar al menos dos termómetros, sobre todo si es probable que la distribución de las temperaturas no sea uniforme, a causa de la posición de los enfriadores y de las puertas.

5.2.1. Termómetros

Dentro del proceso utilizado en la fábrica de hielo y para prevenir el deterioro del pescado es necesario llevar un control de temperaturas, lo cual se logra a través de los termómetros.

A diferencia del termómetro que comúnmente conocemos (mercurio en tubo de vidrio) que se basa en la expansión y contracción del mercurio para indicar la temperatura en una escala calibrada, los termómetros que se utilizan deben estar protegidos por una cubierta metálica, pero con el cuidado de que al momento en que se prevea una ruptura pueda ocasionar una peligrosa contaminación del pescado; o bien, se puede utilizar termómetros digitales.

Una de las desventajas de este tipo de termómetro es que no funciona para medir temperaturas en puntos específicos del pescado cuando este es de tamaño pequeño.

Los cambios de temperatura modifican también otras propiedades de los materiales, por ejemplo la resistencia eléctrica, lo que permite construir termómetros basados en la medición de esas modificaciones. En la actualidad, estos termómetros son generalmente instrumentos manuales de dimensiones pequeñas, que dan una lectura digital directa de la temperatura, utilizando sondas que se pueden emplear sin riesgos en el pescado.

A continuación se describen brevemente varios tipos de termómetros de uso corriente para medir la temperatura del pescado y el hielo, además sirven también para controlar la temperatura durante la manipulación y el almacenamiento.

- **Termómetro de resistencia:** consiste en un alambre de platino cuya resistencia eléctrica cambia cuando cambia la temperatura.
- **Termómetro de cuadrante:** sirve para controlar la temperatura de las cámaras frigoríficas, las bodegas de pescado, los estanques de salmuera, los sistemas de agua de mar refrigerada y otras aplicaciones parecidas.
- **Termómetro de bulbo húmedo:** es el que mide la temperatura que se da a la sombra con el bulbo envuelto en una mecha de algodón húmeda bajo una corriente de aire, la cual se produce por los ventiladores que lo hacen girar; al evaporarse el agua, se absorbe calor, produciendo una baja en la temperatura y este efecto lo refleja el termómetro; cuanto menor sea la humedad relativa del ambiente, mas rápido se evapora el agua que empapa el paño. Dentro del área de almacenamiento del hielo se utiliza para dar una idea de la sensación térmica del producto.

- **Termómetro de lámina bimetálica:** formado por dos laminas de metales con distintos coeficientes de dilatación y arrollados, dejando el coeficiente más alto en el interior. Se utiliza sobre todo como sensor de temperatura en los sistemas de refrigeración.

Todos los termómetros deben controlarse a intervalos frecuentes como tarea de rutina, ya que estos instrumentos siempre tienen un mecanismo que permite reajustarlos en caso de error.

El método más completo consiste en verificar el instrumento en todo su margen de alcance comparándolo con un termómetro estándar certificado, pero un único control en un solo punto también puede ser suficiente. El hielo hecho con agua potable funde a 0°C, y, para la mayoría de los termómetros que se emplean en las operaciones de refrigeración, una sola comprobación a esta temperatura será aceptable, para realizarla sencillamente hay que utilizar como mínimo un cubo lleno con una mezcla de agua del grifo limpia y hielo finamente machacado, la mezcla de hielo y agua debe contener una alta proporción de hielo una vez que la temperatura se haya estabilizado a 0°C, y ha de agitarse enérgicamente durante la verificación de las temperaturas.

5.2.2. Pares termoeléctricos

El par termoeléctrico consiste en un cable aislado bipolar fabricado con alambre que se adecúa a las necesidades particulares, este instrumento funciona gracias a una unión soldada que se mantiene muy sensible a una temperatura fija y que al menor cambio de temperatura, da una respuesta rápida de la diferencia de la misma. Este cambio drástico puede ser adaptado a una sonda manual apta para penetrar directamente en el pescado.

El alambre del termopar puede tener cualquier longitud, sin que se altere la calibración del instrumento. Por lo tanto, puede utilizarse para la lectura de la temperatura a distancia, pero sólo si se emplea un equipo de voltaje compensado sin corriente.

Los instrumentos que se acoplan a los pares termoeléctricos pueden estar hechos de manera que indiquen una única lectura en un cuadrante, o varias lecturas sucesivas por medio de conmutadores. Otra posibilidad es registrar la temperatura en un gráfico.

Los termopares para medir la temperatura del pescado y de sus procesos de elaboración suelen ser de cobre (tipo T), pero se debe cerciorar que la especificación del material esté dentro de los márgenes de calibración del instrumento.

5.2.3. Sonda con termistor

La resistencia eléctrica de algunos semiconductores experimenta grandes cambios con la variación de la temperatura, esta propiedad se aplica en el termómetro de termistor, un instrumento que se puede utilizar, a casi todos los efectos, de manera análoga a un par termoeléctrico.

Sin embargo, a diferencia de éste, las uniones del termistor no pueden ser hechas fácilmente por el usuario. El instrumento y las sondas térmicamente sensibles requieren un ajuste muy cuidadoso.

5.3 Método de medición de la temperatura del pescado

Al medir la temperatura del pescado debe de tenerse presentes las siguientes reglas:

- Hay que introducir en el pescado la mayor parte posible del termómetro, con el fin de evitar los errores debidos a la conducción térmica.
- Debe medirse siempre la temperatura más significativa, eligiendo los ejemplares que tardan más en enfriarse, o que se calientan más de prisa, o que se encuentran a la temperatura más alta.
- Debe emplearse un instrumento que responda con rapidez a los cambios de temperatura y que dé lecturas que no se aparten más de un cuarto de grado del valor real.
- La temperatura debe medirse rápidamente, manipulando el pescado lo menos posible.
- El instrumento ha de tener un elemento sensor pequeño.

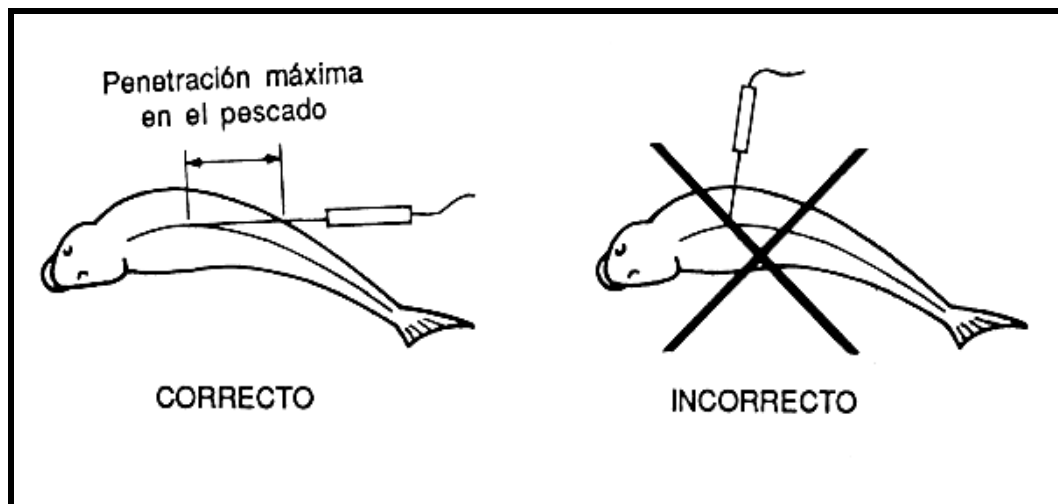
En cada toma de pescado es importante conocer la temperatura de los ejemplares más calientes, puesto que la calidad general puede depender a veces de este dato. El pescado más caliente puede estar en el centro o en la parte externa, según la posición del producto dentro de la caja de almacenamiento en el momento de la medición.

En este estudio de temperaturas lo mas conveniente es realizar un cierto número de lecturas de modo aleatorio; por ejemplo, en una pila de cajas de

pescado se pueden seleccionar cajas del centro, de la parte externa, de arriba y de abajo y medir la temperatura de algunos ejemplares de cada una de ellas, asegurando así un nivel aceptable de calidad.

Para el método de medición de la temperatura del pescado, los termómetros de respuesta lenta no son idóneos para medirla, ni tampoco un termómetro con elemento sensor muy grande, ya que a menudo es necesario medir la temperatura en un punto preciso del pescado o de la caja de almacenamiento. Los termómetros de tipo sonda si son apropiados para este fin, y deben introducirse en el pescado de manera que el elemento sensor del extremo de la sonda se encuentre en el punto que se ha de medir, con al menos 75–100 mm. de la sonda dentro del pescado y de la forma como se muestra en la siguiente figura:

Figura 21. Inserción del termómetro en el pescado.



Fuente: FAO, Documento técnico de pesca T436, Pág. 92

Este procedimiento elimina cualquier error causado por conducción de calor a lo largo de la sonda. El instrumento empleado para este propósito debe

tener una precisión del orden de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. La escala ha de estar graduada en divisiones de no menos de medio grado.

5.4 Evaluación de resultados

5.4.1 Pruebas de fusión del hielo

Las pruebas de fusión de hielo nos pueden ayudar a conocer de una manera mas certera cuales son las necesidades de este para determinadas cantidades de pescado (medido en kg.); estos cálculos se logran de forma más exacta si las efectuamos con el objeto de determinar el coeficiente general de transferencia térmica del contenedor, este tipo de prueba también se puede llevar a cabo utilizando solamente hielo, y los resultados serán igualmente válidos para las mezclas de hielo y pescado.

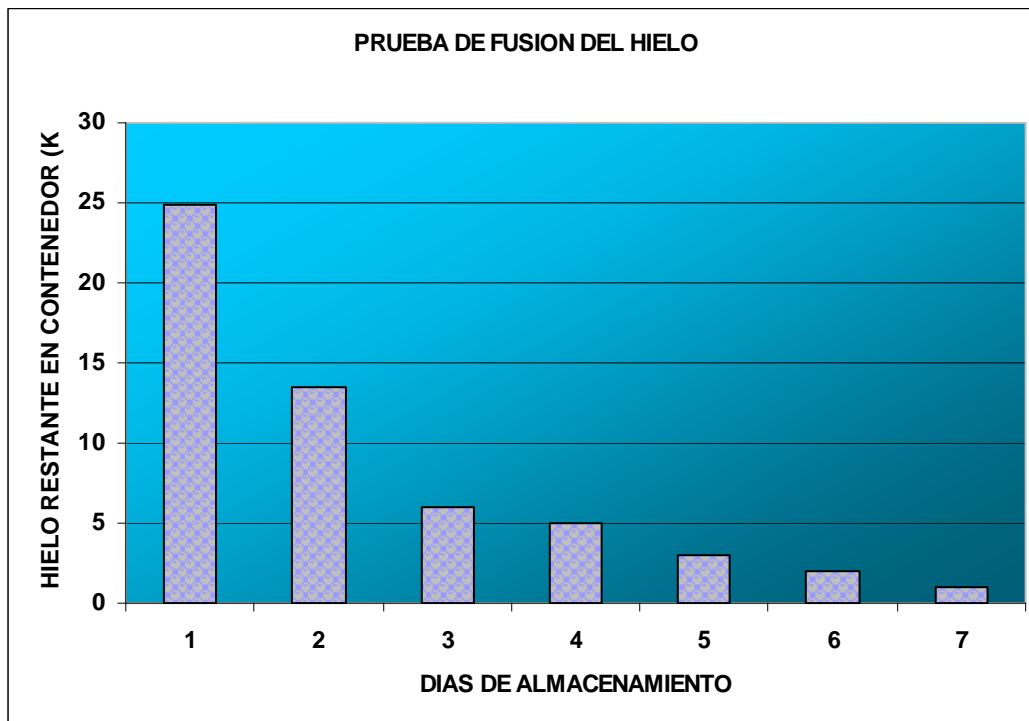
El cálculo de las velocidades de fusión del hielo rara vez da una indicación exacta de la cantidad de hielo necesaria, ya que con frecuencia no es fácil obtener datos fidedignos sobre los materiales y las condiciones.

Un ejemplo que se puede dar es con las irregularidades en la construcción de los contenedores, ya que pueden afectar seriamente al “coeficiente de transferencia térmica efectiva” de los mismos, por otra parte, incluso cuando los datos son razonablemente exactos, las variaciones en las condiciones ambientales durante el período de almacenamiento dificultan el cálculo de las velocidades de fusión del hielo, que cambian constantemente.

Una parte de la fusión inicial se deberá al enfriamiento del contenedor y dependiendo del material de fabricación de éste, una parte del agua de fusión puede ser absorbida y no arrojar una pérdida de peso mensurable, ahora, si el

peso del contenedor y del hielo se controla con frecuencia durante el período de la prueba, la pauta de fusión del hielo puede ser parecida a la que aparece en la figura siguiente, que presenta una pérdida de peso bastante constante después del enfriamiento inicial.

Figura 22. Prueba de fusión del hielo.



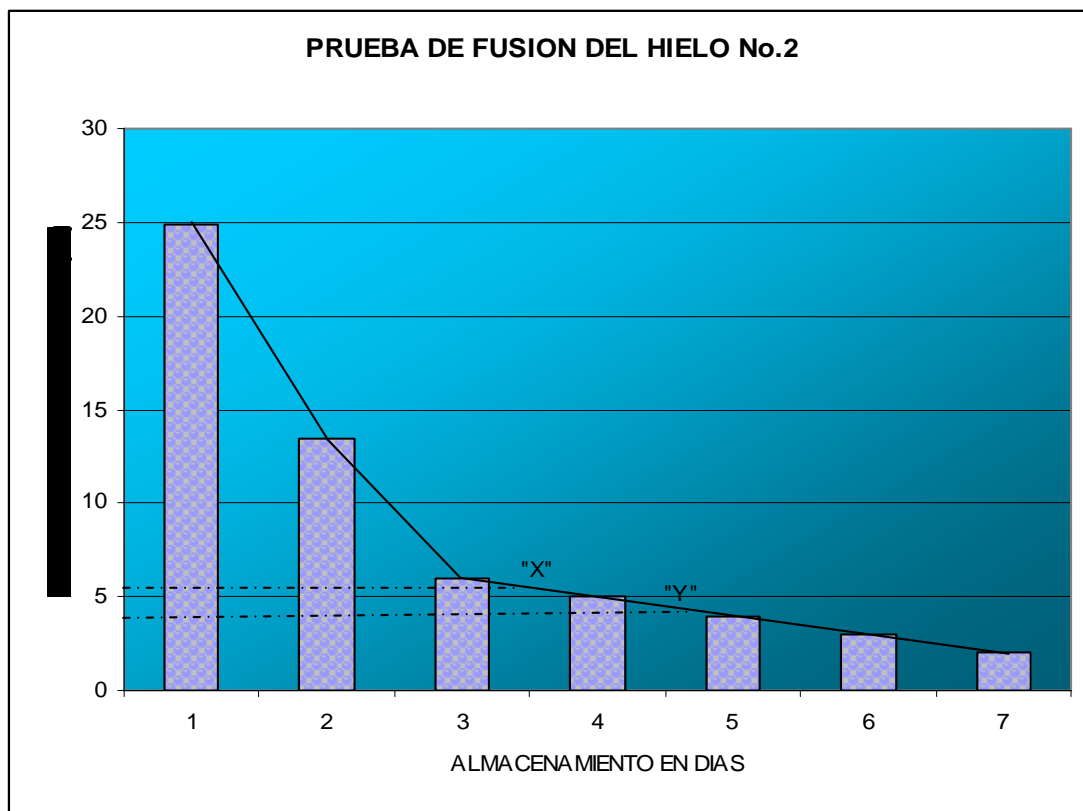
Fuente: Investigación directa.

En el caso expuesto, los contenedores de almacenamiento se llenan con hielo y se pesan con precisión antes de comenzar la prueba, que debería efectuarse a una temperatura ambiente constante, pero esto puede no ser factible durante todo el período que dura la prueba, aunque sí es posible mantener unas temperaturas razonablemente constantes durante lapsos más breves y entre las distintas mediciones de la pérdida de peso, para luego sacar un promedio que se utilizará en los cálculos.

Dado a la posición en que se almacenan los contenedores (caja plástica), se observarán diferencias notables entre los situados en el interior de la pila y los que se hallan en la periferia, debido a las superficies expuestas al medio ambiente.

La manera empleada para asegurarse de que toda medición de la fusión del hielo se relacione con la entrada de calor, los cálculos deberán ser interferidos por un intervalo de tiempo comprendido entre "X" e "Y" apreciado en la siguiente figura, durante el cual la tasa de pérdida de peso es constante.

Figura 23. Prueba de fusión del hielo número dos.



Fuente: Investigación directa.

Al obtener los datos, se puede emplear para la relación entre la fusión del hielo y la entrada de calor la siguiente ecuación:

$$L_h * m_h = A * U * (T_o - T_c)$$

Fuente: FAO, **Documento de pesca**, Pág. 21

En donde:

L_h = representa el calor latente de fusión del hielo (80 Kcal. / Kg.).

M_h= la fusión del hielo por día, obtenido entre "X" e "Y" del gráfico, sus dimensionales son Kg. / día

U= coeficiente general de transferencia térmica, sus dimensionales son Kcal. / día m² °C.

A= el área de superficie del contenedor, se da en m².

T_o.= temperatura fuera del contenedor, medida en °C.

T_c.= temperatura dentro del contenedor, medida en °C.

La ecuación anterior la podemos reordenar de modo que dé el coeficiente general de transferencia térmica U, como sigue:

$$U = (L_h * m_h) / [A * (T_o - T_c)]$$

Algo muy importante que se tiene que considerar es que si la medición de m_h no abarca un día completo, la tasa diaria se puede calcular de la siguiente manera:

$$Mh = (Mx - My) * [(24 / (x - y))]$$

Fuente: FAO, **Documento de pesca**, Pág.23

En donde:

mh= la velocidad de fusión del hielo (kg. /día)

(Mx - My)= la pérdida de peso debida a fusión entre "X" e "Y" (Kg.)

(x - y)= el intervalo de tiempo entre "X" e "Y" (horas)

Durante cada período de almacenamiento se puede efectuar una verificación final para comprobar si se está empleando suficiente hielo, observando la cantidad sobrante en cada contenedor y es importante que no sólo quede hielo, sino también que esté distribuido de manera uniforme, de modo que enfríe todo el pescado dentro del recipiente.

En estas pruebas de fusión del hielo hay que adoptar las medidas necesarias para eliminar toda el agua de fusión del contenedor antes de cada pesaje.

Otra forma de llevar un control más complejo consiste en vigilar la temperatura del pescado, ya sea por muestreo definido o al azar. A menudo es posible identificar el pescado más vulnerable, por ejemplo el que se halla cerca de las paredes de los contenedores situados en la parte externa de la pila, pudiendo colocarse termómetros en esos lugares, sin embargo durante la manipulación y el transporte puede variar la posición relativa de los recipientes en lo que respecta a su vulnerabilidad a la entrada de calor; por lo tanto, la

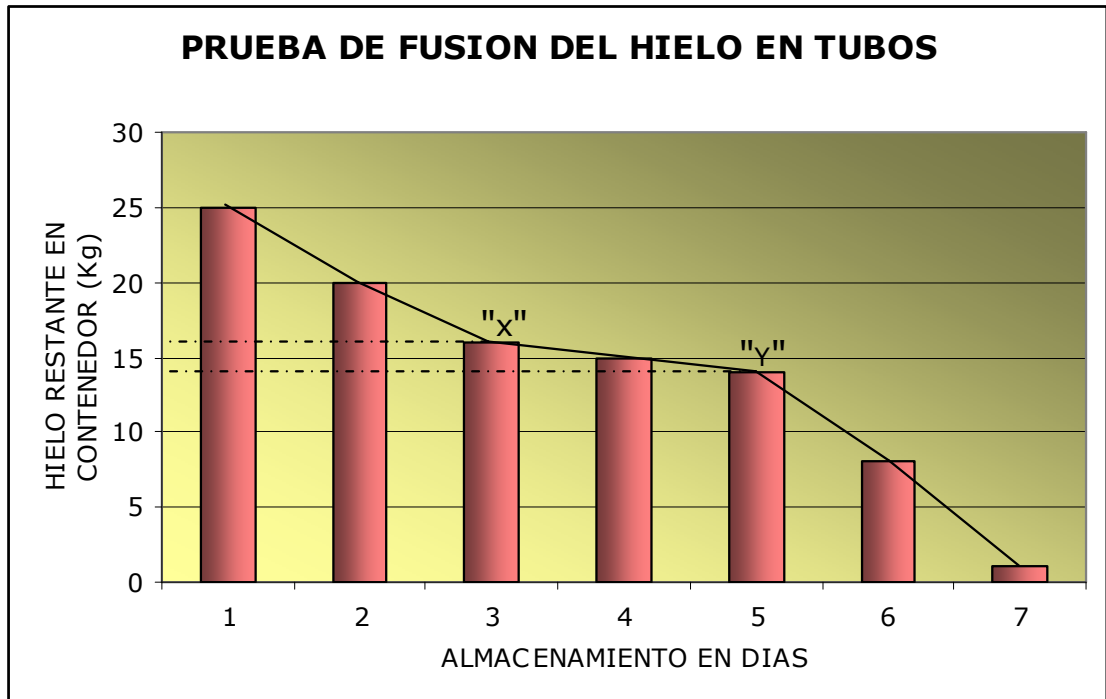
única forma de obtener una indicación definitiva sobre la calidad de la práctica de refrigeración es llevando a cabo controles aleatorios de la temperatura y una serie de pruebas.

Si en dado momento hay que implementar alguna modificación en el empleo de hielo en esta etapa, la única manera de hacerlo es cambiando la relación pescado/hielo, con lo cual cambiará también el número de contendores necesarios para conservar el pescado disponible.

Los resultados de las pruebas de fusión del hielo empleado en los métodos de enfriamiento de pescado que aquí se exponen para su conservación, son:

a. Hielo en tubos

Figura 24. Fusión de hielo en tubos.



Fuente: Investigación directa.

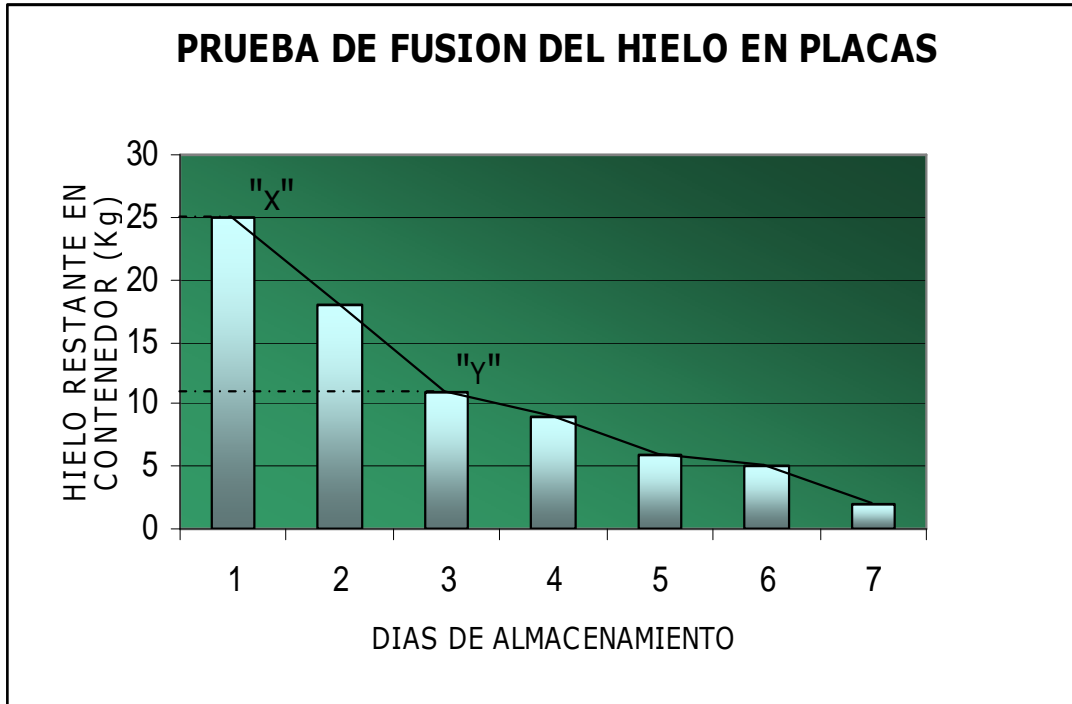
$$U = (Lh * mh) / [A * (To - Tc)]$$

$$U = (80 * 3.75) / [2.67 * (10 - (-2))]$$

$$U = 9.36329 \text{ Kcal. / día} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C.}$$

b. Hielo en placas

Figura 25. Fusión de hielo en placas.

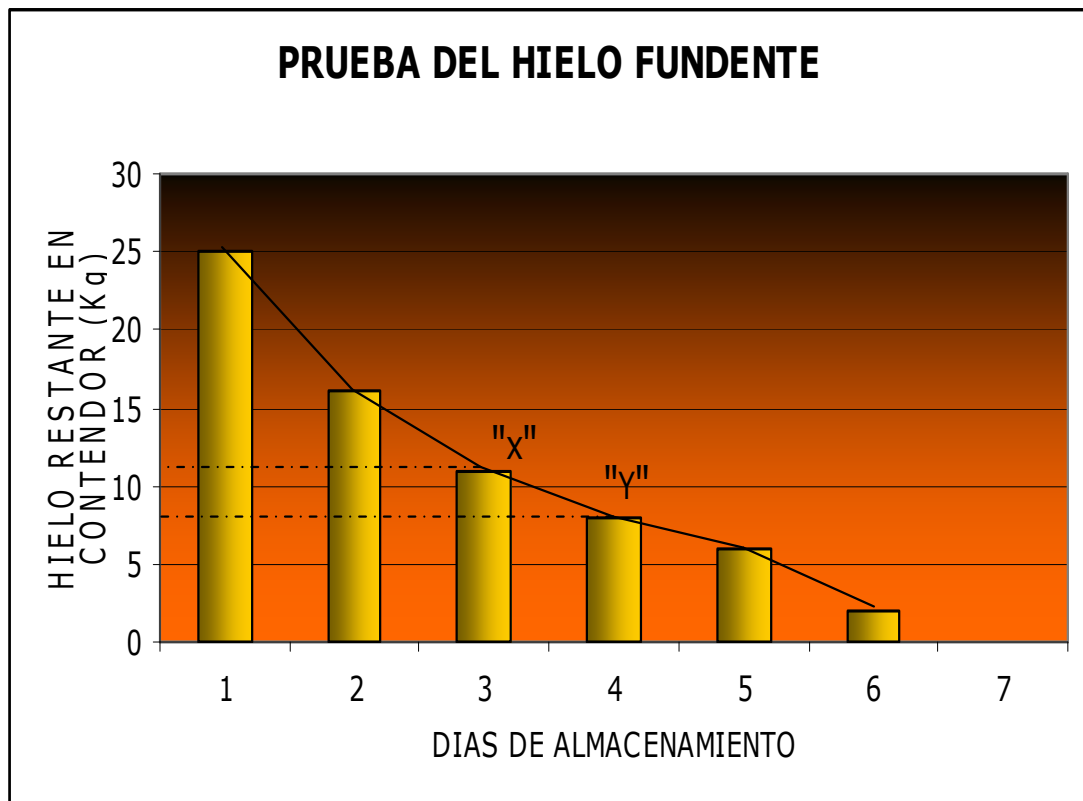


Fuente: Investigación directa.

$$U = (Lh * mh) / [A * (To - Tc)]$$
$$U = (80 * 8.70) / [3 * (8 - (-4))]$$
$$U = 19.33333 \text{ Kcal. / día} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}.$$

c. Hielo fundente

Figura 26. Fusión del hielo fundente.



Fuente: Investigación directa.

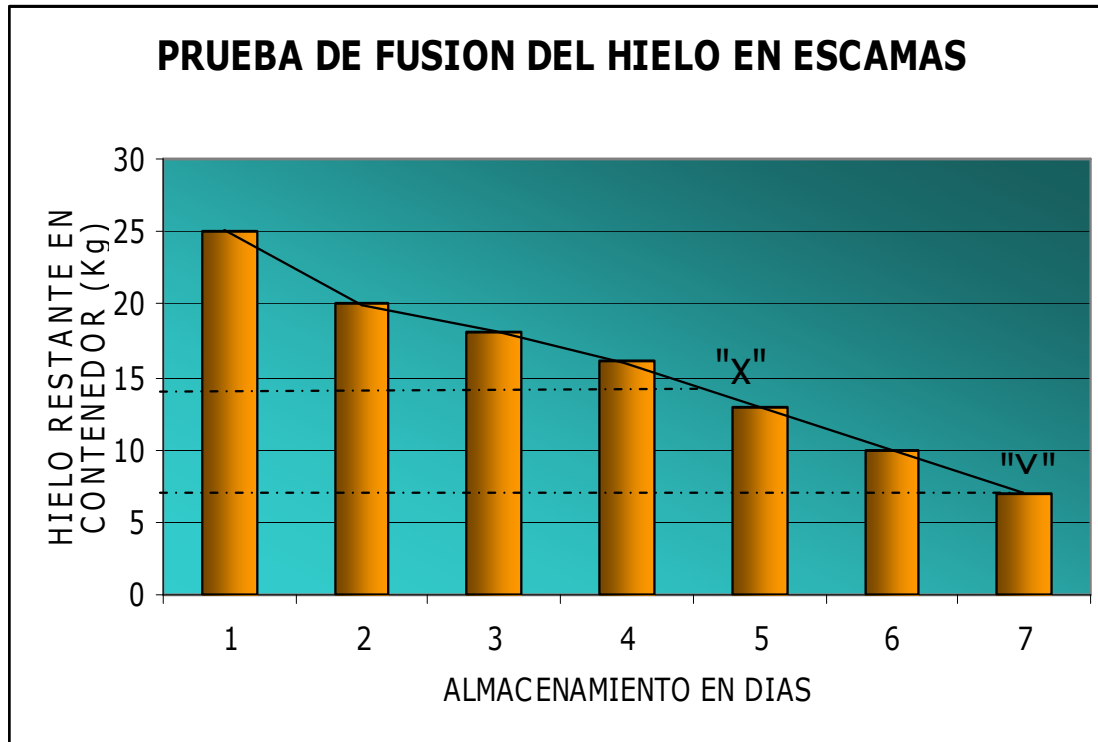
$$U = (Lh * mh) / [A * (To - Tc)]$$

$$U = (80 * 2.71) / [2.33 * (10 - (-2))]$$

$$U = 11.63090 \text{ Kcal. / día} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C.}$$

d. Hielo en escamas

Figura 27. Fusión del hielo en escamas.



Fuente: Investigación directa.

$$U = (Lh * mh) / [A * (To - Tc)]$$

$$U = (80 * 1.97) / [3.83 * (4 - (-2))]$$

$$U = 6.85813 \text{ Kcal. / día} * \text{m}^2 * \text{°C.}$$

Los resultados anteriormente obtenidos nos representan que para fines de preservación del pescado el hielo más conveniente es en escamas, seguido por el de tubos, fundente y placas; debido al coeficiente de transferencia térmica, que nos indica la cantidad de Kilo calorías fundidas por día, en lo que también logra influir las temperaturas de operación y el tamaño del contenedor.

CONCLUSIONES

1. Se debe tener conocimiento que el 80% de los microorganismos presentes en el pescado son bacterias, mayormente del genero Pseudomonas, además en la alteración del mismo participan fenómenos enzimáticos y oxidativas.
2. El mejor método de fabricación de hielo para la preservación del pescado es a través del hielo en escamas, ya que su capacidad de enfriamiento es 65% más efectiva que los otros, dada la relación con su peso o volumen por el íntimo contacto entre el cuerpo del pescado y las pequeñas partículas de hielo, además, los productos conservados en hielo molido o en escamas se mantienen húmedos y lustrosos largo tiempo, sin deshidratarse lo que ayudaría a lograr ampliar más el mercado y su comercialización, ya que con esto las pequeñas empresas como pesquerías, cevicherías, supermercados, etc. tendrían más oportunidad en el tiempo de venta y reducirían sus pérdidas o ampliarían sus productos.
3. En la fábrica de hielo se debe utilizar agua potable o tratada, para evitar que pueda estar cargada de bacterias y/o elementos químicos en exceso, además los depósitos para almacenar hielo en la fábrica deben estar limpios y debidamente aislados de las posibles fuentes de contaminación así como de la temperatura ambiente, para evitar que el producto se semifunda y forme grandes trozos.

4. El hielo debe de agregarse lo más triturado posible, con el fin de obtener la máxima superficie de contacto con el cuerpo del pescado y además para no producir efectos traumáticos, esto se logra depositándolo en proporciones del 10 al 15% y en capas alternadas de unos 8 centímetros de grosor, colocando el producto con el cuerpo en el mismo sentido de su nado, a esta acción a la que se le llama "estibar el producto". Si el hielo es suficiente para cubrir todos los organismos, la conservación puede durar hasta 10 días como fue demostrado con los cálculos.

5. Ya que la composición del pescado, químicamente hablando, es de un 60 a un 80% de agua, debe de aprovecharse para enfriarlo, sabiendo lo anterior, basta con llevarlo a una temperatura de 0°C para asegurar la conservación y un tiempo de consumo relativamente corto.

RECOMENDACIONES

1. Cuando el pescado es capturado y extraído de su medio, la pared de su cuerpo es propicia a sufrir heridas y desgarraduras, que provocan diversos tipos de alteraciones, por esto es recomendable el tratamiento muy delicado de los productos para su traslado.
2. Por tratarse de un producto alimenticio a tratar en las áreas de la fábrica de hielo, esta debe mantener un riguroso y estricto procedimiento de higiene y sanidad.
3. El almacenaje del hielo y/o pescado puede hacerse en frío usando cuartos fríos o congeladores, estos tienen que estar aislados totalmente de la temperatura del medio ambiente, tienen que ser resistentes a la luz solar y a la abrasión y erosión, generalmente están contruidos de cemento, lo cual facilita su aseo y alarga su tiempo de utilidad, pero en la actualidad se aconseja construirlos de poliuretano expansible.
4. La conservación con hielo debe hacerse por simple mezcla de éste con los organismos depositados en cajas, las que pueden ser de diferentes materiales, generalmente de plástico, y lleven en su base orificios que permiten que el agua que se produce al desgastarse el hielo, escurra fácilmente.
5. Otros métodos recomendados para el enfriamiento es el que utiliza aire enfriado por líquidos o gases, en el cual los organismos después de seleccionados, ordenados por tamaños y en su oportunidad eviscerados

y descabezados, se colocan en cámaras frigoríficas, ya sea en cajas especiales cuando son grandes, o en paquetes cuando son pequeños, en donde el enfriamiento se realiza por la descompresión de determinados compuestos químicos.

6. Debido a que el hielo se mantiene en contacto con alimentos (pescado), se debe de tener una rutina de mantenimiento para los equipos ya mencionaos, siendo la más recomendable la de mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Almengor Lacayo, Gustavo Adolfo. Los recursos pesqueros de Guatemala y su aprovechamiento. Tesis Economía Guatemala. USAC, Facultad de Ciencias Económicas. 1975. 111 pp.
2. Flores Villagran, Maria Luisa. Proyecto de factibilidad para la Instalación de una Fábrica de Hielo en Nueva Concepción, Escuintla. Tesis Economía Guatemala. USAC, Facultad de Ciencias Económicas. 1981. 97 pp.
3. Koenisgberger, Rodolfo. Manual de Ingeniería Eléctrica 2. Guatemala. 1994. 80 pp.
4. Morales Rojas, Hugo Francisco. Los Recursos Pesqueros de Guatemala en el Proceso de Desarrollo. USAC, Facultad de Agronomía. 1975. 83 pp.
5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Documento técnico de pesca No. T 436. Roma, Italia. 1993. 95 pp.
6. Rosales, Robert C. Manual del Ingeniero de Planta. McGraw-Hill/ Interamericana de Editores, S.A. de C.V. México. 2000. 185 pp.
7. UNIPESCA. La situación de la pesca y la acuicultura en Guatemala y los lineamientos para su desarrollo futuro. 2da. Versión. Guatemala. 1998. 85 pp.
8. Wark, Kenneth. Termodinámica. México: Editorial McGraw-Hill/ Interamericana de México, S.A. de C.V., 1990, 905 pp.
9. Bosch, Robert. Manual de Mantenimiento P-500. Kölmische Strabe, Alemania. 230 pp.
10. Moore, Harry y Kibbey, Donald R. (1990). Manual del Ingeniero Mecánico. Ediciones Orientación S.A. de C.V. México. 883 pp.

Referencias electrónicas:

11. <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/081/htm>, Junio de 2006.
12. <http://www.export.com.gt/Portal/Home.aspx?secid=666>, Junio de 2006.
13. http://www.arcosa.com.mx/p_camaras_frigorificas.html, Agosto de 2006.
14. <http://www.terra.es/personal5/anajes/gas.htm>, Septiembre de 2006.

APÉNDICES

Figura 28. Distribución de planta actual:

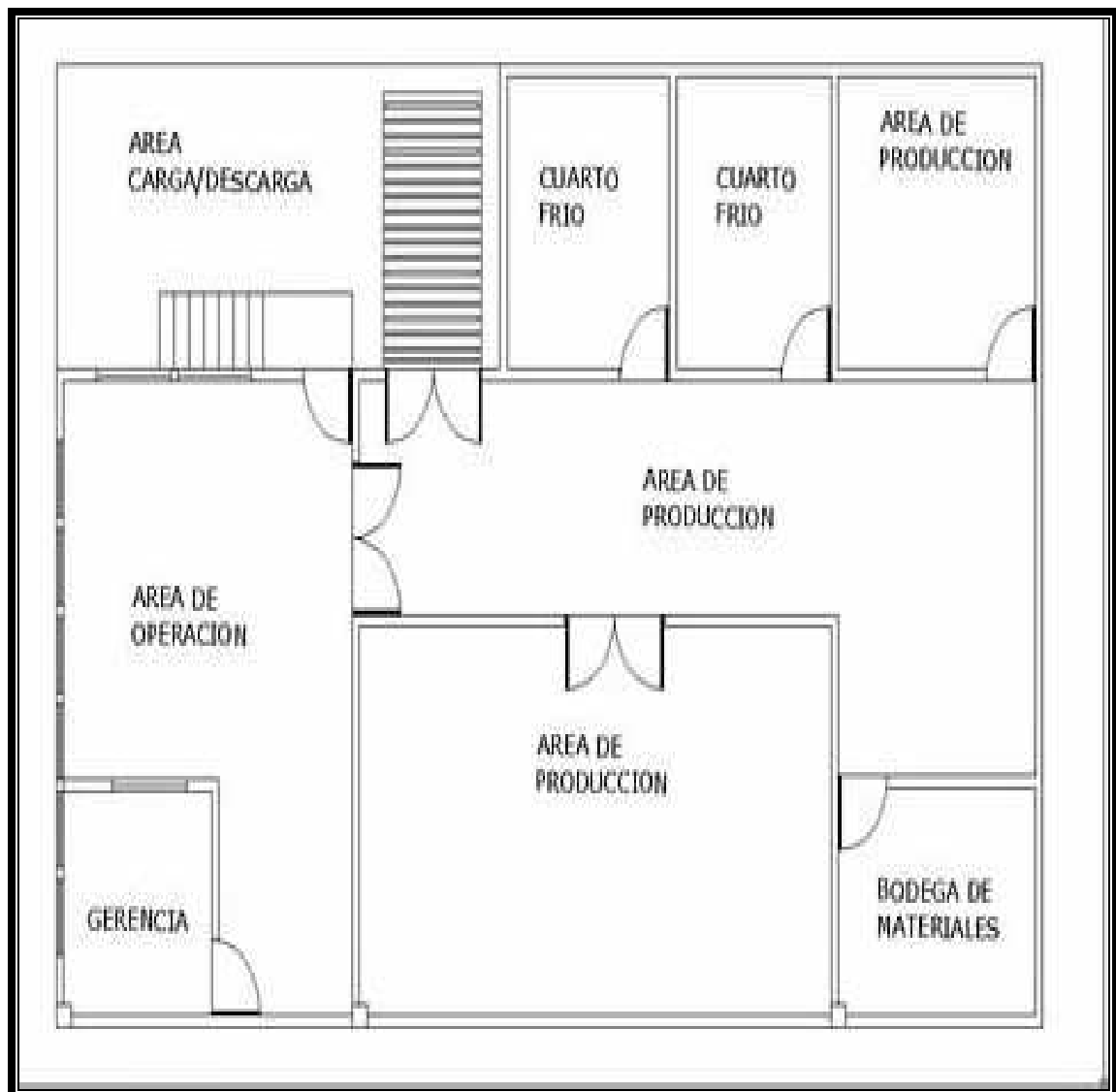


Figura 29. Distribución de planta propuesta:

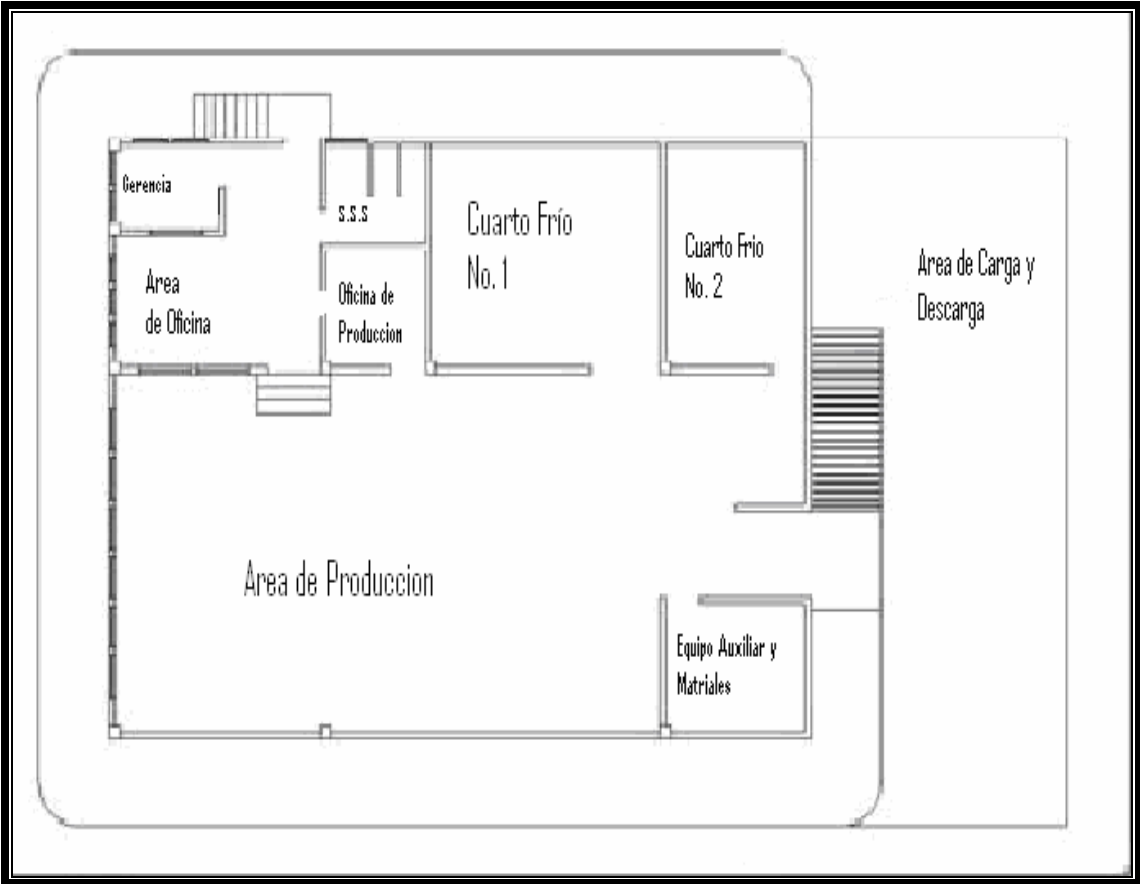
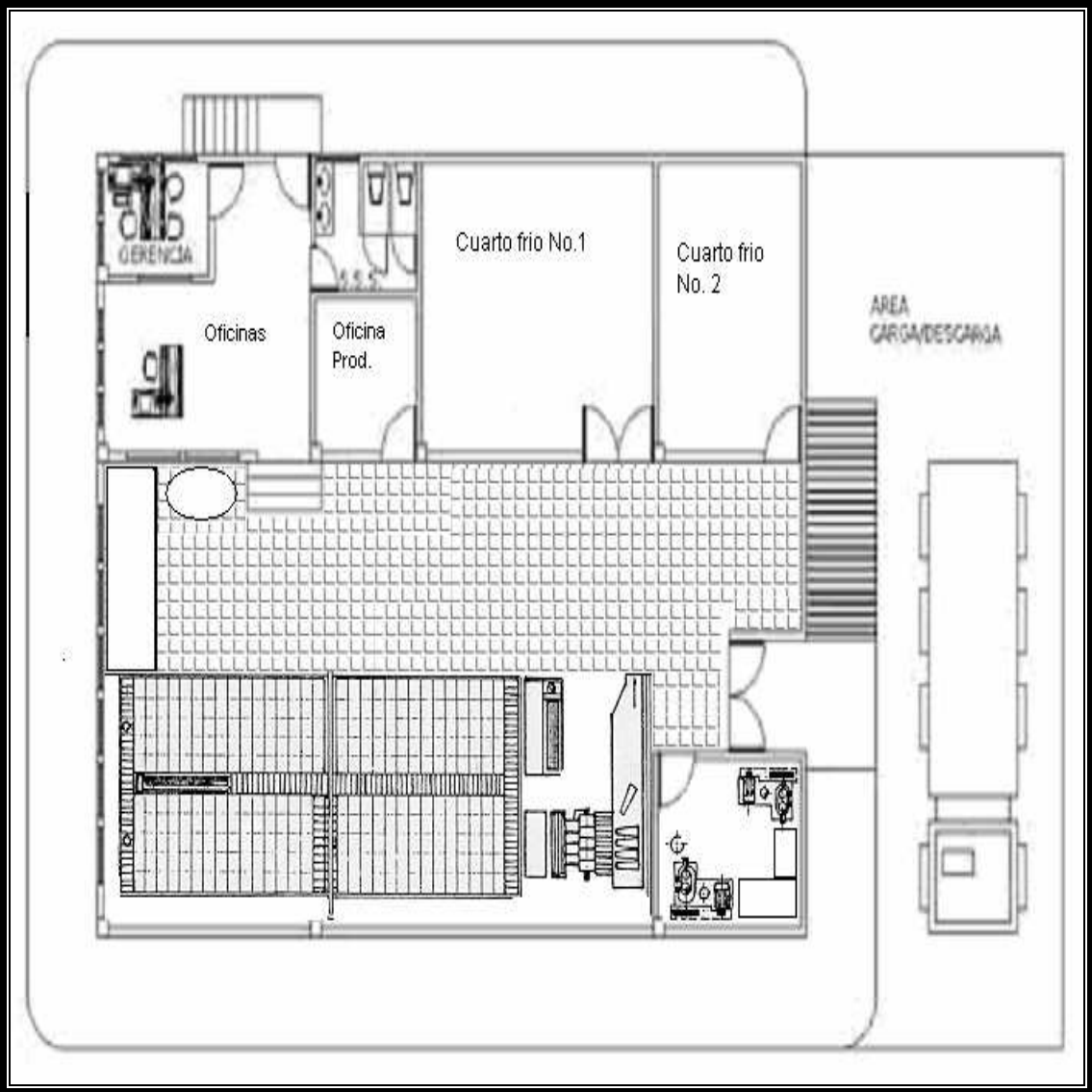


Figura 30. Vista de planta equipada y amueblada.



FORMATO PROPUESTO PARA CONTROL DE MANTENIMIENTO

	HOJA DE REGISTRO	Código:
	Mantenimiento y/o ajustes efectuados a inst. de medición	Modelo:

Código: _____

Tipo: _____

Escala: _____

Descripción: _____

Marca: _____

Fecha de Mant. y/o ajustes: _____

Mes de Mant. y/o ajustes: _____

Usuario: _____

Mantenimiento y/o ajuste efectuado

1. Limpieza: _____

2. Lubricaciones: _____

3. Otros: _____

Firma ejecutor mant. y/o ajustes

Firma Jefe de Área

ANEXO 1

FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA FRIGORÍFICO

Si queremos conseguir que el evaporador de una cámara se mantenga a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ el compresor ha de conseguir 1bar. para el refrigerante R-134 A.

1. Para que se evapore todo el líquido en el evaporador ha de existir una diferencia de temperatura.

En el momento que se ha evaporado el líquido, el gas empieza a robar temperatura del exterior y se recalienta. Con un termómetro podremos saber donde hay líquido o gas ya que el líquido tiene mayor poder de absorción del calor que el gas.

2. La presión se mantiene constante en todo el evaporador (excepto las pérdidas de carga). A la salida del evaporador el refrigerante es 100% gas y se aísla la tubería hasta el compresor para evitar más recalentamiento.

3. El gas cuando llega al compresor es aspirado y lo expulsa a una presión superior (lo comprime) y a una temperatura superior.

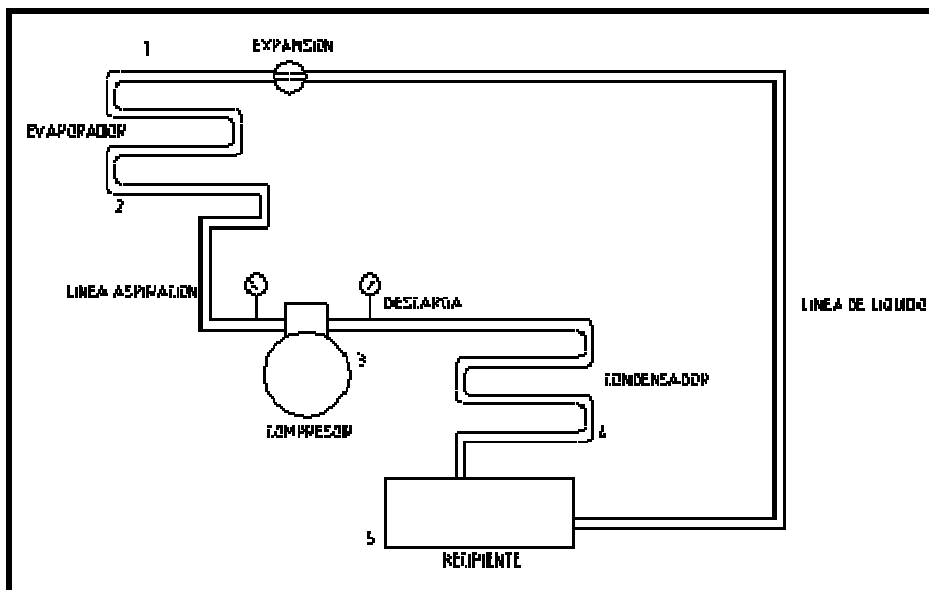
4. Para volver a utilizar el refrigerante debemos licuarlo en el condensador.

Para conseguir la condensación del refrigerante también ha de existir una diferencia de temperatura entre el condensador y el aire externo. Una vez condensamos todo el gas en líquido sub enfriamos el líquido, 4/6 partes del condensador tienen la misión de condensar y 1/6 en sub enfriar.

El manómetro de alta nos indica la presión a la cual condensa y es constante en toda la parte de alta.

5. El refrigerante que proviene del condensador se almacena en el recipiente en estado líquido.

DIAGRAMA ENTALPICO DE MOLLIER



El diagrama de entalpía o diagrama de Mollier permite simplificar los cálculos generales que se encuentran en refrigeración. Esto permite en particular encontrar los valores siguientes:

- Presión del condensador.
- Presión del evaporador.
- Relación de compresión.
- Calor máximo del líquido.

- Calor máximo del vapor.
- Calor latente del fluido frigorígeno.
- Producción frigorífica.
- Volumen específico del gas de salida del evaporador.
- Entropía del gas.
- Temperatura del gas, después de la compresión.
- Energía necesaria de trabajo de compresión.
- Calor, disipado en el condensador.

El diagrama presión-calor máximo o entálpico se presenta esquemáticamente de la forma siguiente:

Sobre el eje vertical se encuentran las presiones, que son generalmente presiones absolutas. El eje horizontal está graduado en calorías por kilogramo de fluido, está indicando el calor total del fluido en estado considerado.

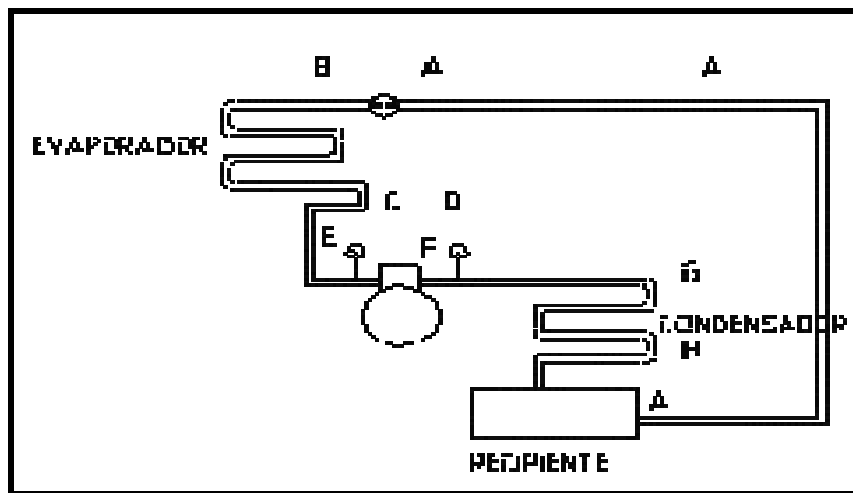
Entre estos dos ejes se encuentra de izquierda a derecha, las características del fluido, en estado líquido saturado (líquido que no contenga vapor) pues las diversas cualidades de los fluidos contienen % de vapor mezclado con el líquido.

Encontrando después la curva del vapor saturado, vapor, que no contiene nada de líquido, esta es la condición del vapor al final de evaporador. A la derecha de esta curva, tres series de curvas dan los valores de entropías, de volúmenes específicos y de la temperatura para el vapor saturado y recalentamiento.

UTILIZACIÓN PRÁCTICA DEL DIAGRAMA ENTÁLPICO PARA EL R-22

Suponiendo la evaporación a 10°C y la condensación a 45°C , en el depósito de líquido la temperatura de este es de 40°C (punto A del diagrama).

La presión absoluta es de 17.2 bar.



Paso a través de la válvula:

Durante el paso a través del reductor, la temperatura y la presión bajan según AB' del diagrama, la temperatura desciende a la de evaporación: 10°C y la presión absoluta a 3,5bar.

Un golpe de vista al diagrama permite constatar que en ese momento no hay líquido saturado, sino una mezcla de líquido y gas en la proporción de 30% vapor y 70% de líquido.

El 30% de líquido que se ha vaporizado es el que ha servido para bajar de temperatura el líquido de 40°C a -10°C .

Si prolongamos verticalmente el trazo AB' hasta encontrarse con el eje de ordenadas nos da un valor de calor total de 250 KJ por kilo de refrigerante (punto B).

Paso a través del evaporador:

El paso a través del evaporador está representado por la recta B'C.

En el curso de este paso la temperatura es constante -10°C así como la presión 3.5bar.

Poco a poco a medida que el fluido pasa por el evaporador va de B hacia C el 70% de vapor y 30% de líquido se convierten en vapor saturado o sea 100% gas. (Punto C).

Al proyectar verticalmente el punto C a la línea de ordenadas podemos ver la cantidad de calor que contiene el vapor saturado 400 KJ/kilo.

Producción frigorífica:

400 a la salida menos 250 a la entrada son 150 KJ por kilo de refrigerante. O sea si $1 \text{ KJ/Kg.} = 0.2388 \text{ Kcal. /Kg.}$ $150 \times 0.2388 = 35.82 \text{ Kcal}$ por kilo de refrigerante.

La cantidad de refrigerante que será necesario para que circule por el evaporador (a -10 y $+40$) para 100 frigorías será:

$$\frac{100}{36} = 2,77 \text{ kg/h}$$

O sea que será necesario bombear 2.77kg de R-22 a la hora.

Para 1000 frigorías será necesario:

$$\frac{1000}{36} = 27,7kg / h$$

Paso a través del compresor:

Suponiendo que el gas penetra en el condensador totalmente vaporizado, el paso a través del cilindro está representado por la línea EF que es la curva de entropía constante.

En el punto E, la compresión comienza y queda terminada en el punto F, en este momento la temperatura de gas está entre 70 °C y 80 °C. Si prolongamos F sobre el eje de las ordenadas, nos encontramos al final de la compresión tenemos 450KJ/Kg.

Energía necesaria para la compresión:

La diferencia entre 410 y 450 del comienzo al final de la compresión son 40KJ/Kg. (9.6Kcal/Kg.) que es el calor equivalente al trabajo del compresor.

Anteriormente hemos visto que eran necesarios 27.7Kg/h de refrigerante para conseguir 1000 frigorías por lo tanto:

$$9.6 \times 27.7 = 268.8 \text{ Kcal.}$$

La equivalencia calorífica de 1CV/hora es de 637 Kcal. la potencia teórica necesaria será de:

$$\frac{637}{268,8} = 0,42CV$$

Volumen específico:

Dentro del punto E se encuentra un valor importante, este es el volumen específico del vapor. Este valor se encuentra por estimación en 15Kg/m³.

Con este valor podemos obtener la cilindrada del compresor. Como para obtener 1000 frigorías nos hace falta 27,7kg de fluido y que este fluido está formado por gas a un volumen específico de 15 Kg. /m³.

$$\frac{27,7}{15} = 1,8m^3$$

Si el compresor debe producir 1000 frigorías por hora el compresor dispondrá de un cilindro de 1,8m³/h. La relación de compresión la podemos conocer dividiendo la presión absoluta de alta por la de baja:

$$\frac{17,2}{3,55} = 4,9$$

Paso a través del condensador:

De F a A el fluido comprimido atraviesa el condensador.

En esto hay dos etapas, en la primera, el vapor recalentado pasa de F a G.

Aquí todavía no hay condensación sino simple enfriamiento del gas donde la temperatura pasa de 80°C a 45°C cuando alcanza el punto G sobre la curva del vapor saturado, esto sucede en las primeras espiras del condensador.

A partir de aquí empieza la condensación hasta el punto H donde tenemos 100% líquido.

De aquí volvemos al punto A.

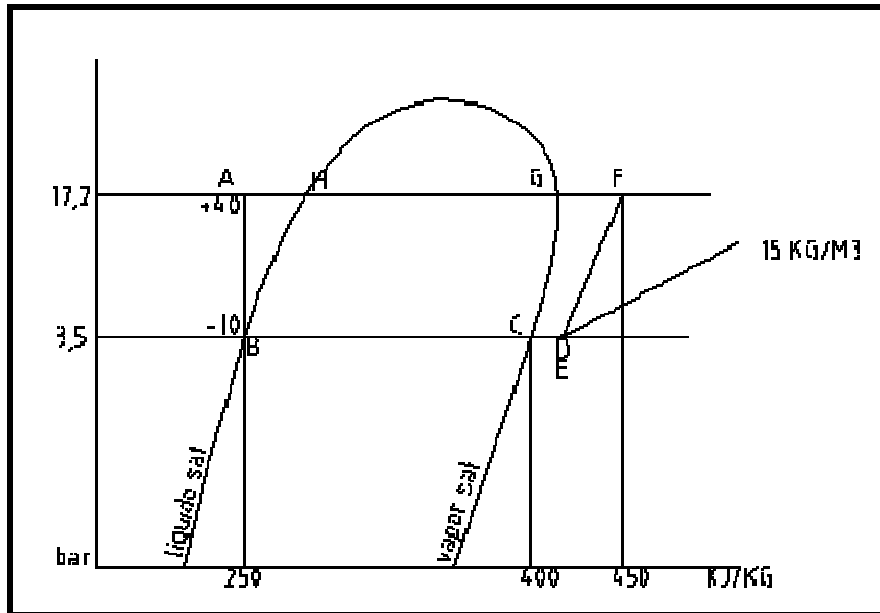
Capacidad del condensador:

Teniendo 450 a la entrada menos 250 a la salida son 200KJ/Kg. de refrigerante, que es calor que extrae el condensador a un kilo de refrigerante.

$$200 \times 0,2388 = 47,76 \text{ Kcal. /Kg.}$$

$$47,76 \text{ Kcal/Kg.} \times 27,7 \text{ Kg. /h} = 1322,952 \text{ Kcal/h}$$

Para producir 1000 frigorías necesitamos un condensador de 1322.952 Kcal. /h.



ANEXO 2

RECURSOS MARITIMOS Y CRUSTACEOS EN EXPLOTACION

ESPECIE	LOCALIZACIÓN	DISTRIBUCIÓN Y COMPORTAMIENTO	ABUNDANCIA	ESTADO DE EXPLOTACIÓN
CAMARONES				
<u>Penaeus vannamei</u> <u>Penaeus stylirostris</u> <u>Penaeus californiensis</u> <u>Penaeus brevirostris</u>	Compartidos entre México-Guatemala y El Salvador.	Se distribuyeron entre 0 y 100 metros de Profundidad. Especies de fondo blanco, reproducción durante todo el año.	Suman un promedio de 0.02	Estado de sobreexplotación
CAMARONCILLOS				
<u>Xiphopenaeus riveti</u> <u>Solenocera mutator</u> <u>Solenocera florea</u> <u>Trachypenaeus fusina</u> <u>Trachypenaeus sp.</u>	Compartidos entre México-Guatemala y El Salvador.	Se distribuyeron entre 0 y 400 metros de Profundidad. Especies de fondo blanco y rocoso.	Suman un promedio de 0.07	Estado de sobreexplotación
LANGOSTINO CHILENO				
<u>Pleurocondes planipes</u>	Compartidos entre México-	Habitan entre 100 y 400 metros de Profundidad,	5.43	Subexplotado

	Guatemala y El Salvador	fondo suave principalmente.		
CAMARONES DEL ATLANTICO				
<u>Penaeus subtilis</u> <u>Penaeus schmitti</u> <u>Penaeus notialis</u>	Compartidos entre Belice- Guatemala y Honduras			
LANGOSTA				
<u>Panulirus gracilis</u>	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador			
LANGOSTA DEL ATLÁNTICO				
<u>Panulirus argus</u>	Compartidos entre Belice - Guatemala y Honduras			
PARGOS				
<u>Lutjanus peru</u> <u>Lutjanus guttams</u>	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador			

Fuente: UNIPESCA, 2006.

ESPECIE	LOCALIZACIÓN	DISTRIBUCIÓN Y COMPORTAMIENTO	ABUNDANCIA	ESTADO DE EXPLOTACIÓN
TIBURONES				
<u>Byzoprionodon</u> <u>Nasolamia</u> <u>velox</u>	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador	Se pesca entre la zona costera y 60 a 78 millas de la costa		Según Mattes, existe ya un riesgo de sobreexplotación
ATUNES	Libre acceso y compartido	Se pesca mas allá de las 70 millas de la costa.		
SIERRA				
<u>Sconverus</u> <u>sierra</u>	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador	Se encuentra hasta los 100 metros de profundidad	0.11	En explotación
BAGRES				
Bagre panamensis	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador	Se encuentra hasta los 100 metros de profundidad	0.26	Sub explotados
LISAS				
Mugil cephalus Mugil curema	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador	Localizado en Bocabarras, a lo largo de la Costa	Se desconoce	En explotación
CORVINAS	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador			
GUABINAS	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador			
LENGUADOS	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador			
RATON	Compartidos entre México - Guatemala y El Salvador			

Fuente: UNIPESCA, 2006

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PROSPECCIONES Y DE LOS ESTIMADOS DE LOS POTENCIALES DE LOS RECURSOS PESQUEROS PLATAFORMA CONTINENTAL DEL OCEANO PACIFICO (14,740 Km2)

(BARCO DE INVESTIGACION Dr FRIDTJOF NANSEN)
(BARCO DE INVESTIGACION FENGUR)

RECURSO HIDROBIOLOGICO		BIOMASA TM (miles)
<u>Pequeños Pelàgicos</u>		
	* Sardinias	110
	* Anchoas	30
<i>Caràngidos</i>		
	* Horqueta	29
	* Jorobados	8
	* Cocineros	3
<i>Baracudas</i>		
	TOTAL	185
<u>Demersales</u>		
	* Serranos	9
	* Roncadores	8
	* Palometas	2
	* Pargos	2
	* Tiburones	1
	TOTAL	22
<u>Langostinos</u>		
	* Chileno	
	* Camellón	
	* Fidel	
	TOTAL	24
<u>Crustáceos</u>		
	* peneidos	2
	* chacalines	3
	TOTAL	5
La productividad de la plataforma guatemalteca con una densidad media cercana a los 50 t/nm2 parece ser bastante alta		

Fuente: UNIPESCA, 2006