



# NOTA BREVE SOBRE LAS TECNOLOGÍAS DE LA CADENA DE FRÍO

## APLICACIONES DE BUQUES PESQUEROS



**ONU**  
programa para el  
medio ambiente



*Reconocimiento: Este informe de la cadena de frío ha sido preparado por Paul de Larminat (experto en IIF/IIR), ha sido revisado por Artie Dubrie y Alvin Jose, expertos de la ONU OzonAction de Medio Ambiente y también por varios expertos de las comisiones de IIF/IIR.*

# **IIF/IIR-ONU Medio Ambiente**

## **Nota breve sobre la cadena de frío en aplicaciones de buques pesqueros**



Acción por el Ozono  
ONU Medio Ambiente,  
División Económica  
1 rue Miollis, Edificio VII  
75015 Paris - FRANCE  
Fax: +33 1 4437 1474  
[www.unep.org/ozonaction](http://www.unep.org/ozonaction)  
[ozonaction@unep.org](mailto:ozonaction@unep.org)

Institut International du Froid  
International Institute of Refrigeration  
177, boulevard Malesherbes,  
75017 Paris - FRANCE  
Tel. +33 (0)1 42 27 32 35  
Fax +33 (0)1 47 63 17 98  
[www.iifiir.org](http://www.iifiir.org)  
[iif-iir@iifiir.org](mailto:iif-iir@iifiir.org)

## Resumen

Los buques pesqueros están destinados principalmente a capturar peces, pero también deben proporcionar una cadena de frío adecuada hasta que se descargue el pescado. Cuando no se consume fresco, el pescado se procesa de diferentes maneras, como en platos preparados, congelados y enlatados. Este procesamiento puede realizarse en fábricas con base en tierra o a bordo de grandes naves industriales. Estos pasos implican refrigeración, con implementaciones que dependen de los modos de pesca y procesamiento. Se presentan las aplicaciones de refrigeración para las diversas necesidades de proceso en los buques pesqueros, con tecnologías actualmente en uso. El HCFC-22 (R-22) sigue siendo el refrigerante ampliamente dominante, pero es una de las sustancias que agotan el ozono (SAO) que los firmantes del protocolo de Montreal deben eliminar. Según el acuerdo de Kigali, todos los países también deberán reducir gradualmente el uso de hidrofluorocarbonos (HFC) (UNEP,2017<sup>1</sup>). De acuerdo al Protocolo de Montreal, las sustancias controladas utilizadas en los sistemas marinos móviles deberán ser abordadas.

Las alternativas que no destruyen la capa de ozono y tienen un potencial de calentamiento global cero o bajo están disponibles comercialmente para los nuevos sistemas de refrigeración. Pero para las flotas R-22 existentes, los desafíos están en el servicio de los sistemas R-22 existentes que requieren una disponibilidad continua y rentable de refrigerantes R-22 y suministros de equipos. Para sistemas D-X de pequeña capacidad, generalmente es posible adaptarlos a sustancias sin SAO. Pero para sistemas inundados grandes, la adaptación de las sustancias alternativas al R-22 no es una opción recomendada.

<sup>1</sup>UNEP, 2017 : [https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-08/ratification\\_kigali.pdf](https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-08/ratification_kigali.pdf)

# 1 Introducción

Esta nota breve presentará las necesidades del proceso y las aplicaciones de refrigeración a bordo de buques pesqueros frigoríficos (refrigerados<sup>\*</sup>). Se presentarán las tecnologías y refrigerantes utilizados actualmente, junto con las posibles alternativas para nuevos sistemas. También se presentarán las cuestiones relacionadas con la gestión de las flotas existentes y las implicaciones para el Protocolo de Montreal sobre las sustancias que destruyen el ozono.

*\*En español el término frigorífico se emplea para designar equipos y dispositivos que mantienen la temperatura baja por medios artificiales. Es usual también utilizar frigorífico para aplicaciones con temperaturas inferiores a 0°C, y refrigerado para temperaturas entre 0°C y el ambiente. No obstante, el término refrigeración, y sus derivados, se ha adoptado en multitud de fuentes técnicas en lugar de frigorífico. Por ello, en este documento se utilizará indistintamente tanto frigorífico como refrigerado.*

# 2 Panorama general de los buques de pesca refrigerados

## 2.1. Tipos de embarcaciones pesqueras

La pesca y la industria relacionada están muy diversificadas, dependiendo del modo de captura de peces y el circuito entre captura y consumo. Cuando no se consume localmente, el pescado puede procesarse de diferentes maneras: congelado como captura fresca, o filetes, platos preparados y enlatados. Esto se puede hacer en fábricas con base en tierra o en el mar a bordo de «barcos - fábrica».

El número total de buques pesqueros en el mundo se estima en alrededor de 4,4 millones, de los cuales más del 80% tienen menos de 12 m de largo. En general, Asia y el Pacífico tienen la flota más grande, representando el 73% del total mundial. Alrededor del 2% de todos los buques pesqueros motorizados son buques pesqueros industrializados de 24 m o más (UNEP, 2016<sup>2</sup>). Los buques pesqueros también son diferentes según el tipo de artes de pesca que utilizan. Para la pesca a gran escala, los métodos más utilizados son cerco y palangre, ilustrados en las Figuras 5 y 6.

Los pequeños buques pesqueros artesanales, como los que se ven en la Figura 3, no tienen sistemas refrigerados instalados. Los barcos de pesca motorizados a pequeña escala cargan hielo todas las mañanas desde el puerto, ya que la duración de la pesca es de unas pocas horas y la captura se conserva durante ese período con el hielo como se muestra en la Fig. 2. Los barcos de escala comercial mediana a grande que salen a media distancia (del orden de dos semanas de navegación) generalmente tienen tanques de agua de mar refrigerada (AMR) y máquinas para hacer hielo a bordo. Los grandes buques de escala industrial que salen a larga distancia y / o tiempo (generalmente varios meses navegando) necesitan congelación profunda para la conservación del pescado. Dependiendo de las especies de peces capturados, las artes de pesca y las necesidades del proceso, estos buques a menudo tienen instalaciones completas de fábrica con varias combinaciones de congeladores, congeladores de placas, tanques AMR (agua de mar refrigerada) y máquinas de hielo.

## 2.2. Tecnologías de Refrigeración

### 2.2.1. Refrigeración con salmuera y agua de mar refrigerada (AMR)

Algunas especies de peces se procesan principalmente para enlatar, como atún, sardinas o anchoas. El enlatado a menudo se realiza en fábricas de procesamiento de alimentos marinos en tierra. Una práctica común es congelar rápidamente todo el pescado a bordo por inmersión en un tanque de salmuera a aproximadamente -20 ° C, tan pronto como se haya capturado. Posteriormente, se puede almacenar en el tanque o en cuartos fríos. Los tanques de salmuera también se usan ampliamente para la pesca de cerco, porque el método es ideal para congelar rápidamente grandes lotes de captura simultánea inherentes a este modo de pesca (Awira, 2015<sup>3</sup>).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

<sup>2</sup> UNEP, 2016. TEAP TF-XXVII-4 Report; annex 2 / June 2016.

<sup>3</sup> Ribanataake Awira, 2015: "Refrigerant Consumption in Fishing Vessels operating in the Waters of Pacific Islands Countries". MOP27 Side event. Nov. 1, 2015, Dubai-UAE

En climas cálidos, se necesita un preenfriamiento rápido de las capturas antes de poner el pescado en hielo; esto se lleva a cabo sumergiendo los peces en agua de mar enfriada por enfriadores «AMR» (agua de mar refrigerada). El agua de mar generalmente se enfría cerca o ligeramente por encima de su punto de congelación (-2 °C). En pequeñas embarcaciones sin enfriadores a bordo, el agua puede enfriarse derritiendo el hielo almacenado en un tanque de agua de mar.

### 2.2.2. Congeladores de placas y chorro

Los filetes finos del tamaño del consumidor generalmente se congelan en congeladores de placas, mientras que los cortes más grandes, incluido el pescado entero grande, se congelan en tanques de salmuera o congeladores. En un congelador de placas, las bandejas que contienen los filetes se colocan típicamente en pilas de placas como se muestra en la Figura 7. Estas placas se refrigeran por evaporación del refrigerante dentro de las placas. La transferencia de calor se logra esencialmente mediante el contacto cercano entre las placas refrigeradas y los productos en las bandejas. El proceso es diferente al de los congeladores de chorro: en estos, se sopla aire frío sobre los productos que se van a congelar, como en la Figura 8. Este aire se enfría por medio de serpentines de enfriamiento de aire. En ambos casos, la temperatura de funcionamiento es de alrededor de -40 °C, ya sea para las placas o para el aire refrigerado; pero puede ser

incluso más bajo, hasta -70 °C cuando se desea «TUB» (temperaturas ultra bajas), como para sushi o sashimi.

### 2.2.3. Enfriamiento de aire

Se necesita enfriamiento por aire en varias etapas del procesamiento. Las áreas de trabajo necesitan salas limpias con control de temperatura y medidas higiénicas. Para el almacenamiento, el aire en la bodega a temperatura positiva también a menudo se enfría, especialmente en países cálidos. Los productos congelados en las naves industriales se almacenan en cámaras frigoríficas a aproximadamente -25 °C.

El aire acondicionado para la comodidad de la tripulación y las tiendas de suministros para la vida diaria de las tripulaciones no se abordan en este documento, que se centra en las aplicaciones de «proceso».

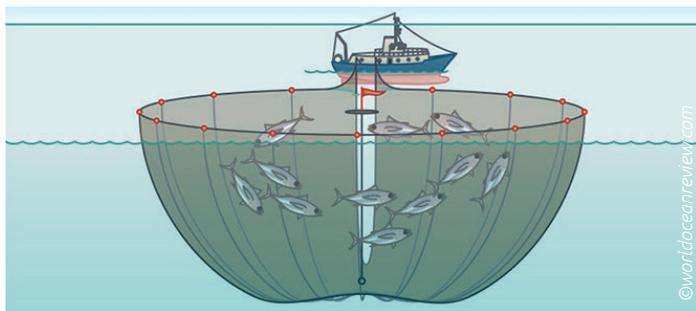


Fig.5

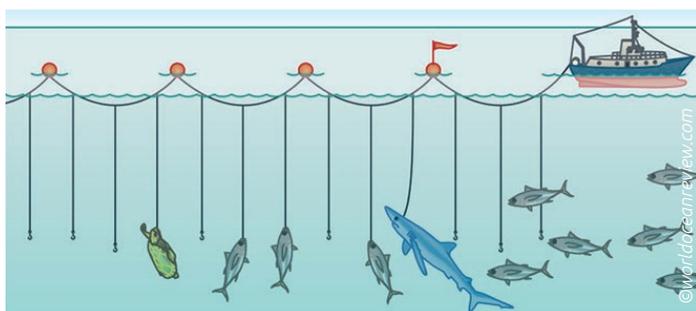


Fig.6



Fig.7



Fig.8

- Fig.1: Filetes congelados
- Fig.2: Pescado fresco almacenado en hielo
- Fig.3: Pequeños botes de pesca - Tailandia
- Fig.4 : Buque de pesca de atún - 90 m de largo
- Fig.5: Pesca de cerco
- Fig.6: Pesca de palangre
- Fig.7: Cargando un congelador de placas
- Fig.8: Un congelador de chorro

# 3 Situación actual y tendencias del mercado

## 3.1. Necesidades del proceso: similitudes y diferencias con otras industrias alimentarias

La mayoría de las necesidades del proceso son similares a las aplicaciones de procesamiento de alimentos en tierra, como cortar y procesar en salas limpias, congelar en congeladores de placas o granallas, almacenamiento, etc. Como las necesidades del proceso son similares, las tecnologías se derivan de las utilizadas para aplicaciones en tierra, con personalización específica para el medio marino («marinización»).

Dadas las importantes limitaciones específicas del entorno marino, se espera una fiabilidad muy alta. El equipo debe ser adecuado para el movimiento del barco y resistir la corrosión en el medio marino. También hay restricciones de compatibilidad de materiales para condensadores enfriados por agua de mar. La práctica común es usar condensadores de carcasa y tubos. Los tubos de cobre y níquel son compatibles con el agua de mar y con fluidos sintéticos como el R-22, pero las aleaciones de cobre no son compatibles con el amoníaco. El titanio es en la práctica el único material compatible con el amoníaco y el agua de mar simultáneamente.

## 3.2. Arquitectura de sistemas

Existen muchas arquitecturas de sistemas posibles para aplicaciones de proceso. Las diferentes necesidades pueden ser satisfechas por sistemas independientes, o los sistemas pueden estar centralizados, lo que significa que un sistema combinado satisface todas las demandas de refrigeración (AMR, enfriamiento, congelación) desde una sala de máquinas central (Norden, 2000<sup>4</sup>). En general, los vasos más grandes tienden a tener un mayor grado de integración. Por lo general, tienen un sistema centralizado que proporciona refrigeración a dos niveles diferentes de temperatura de evaporación, alrededor de  $-38^{\circ}\text{C}$  para congelación (baja temperatura, «BT») y aproximadamente  $-8^{\circ}\text{C}$  para otras necesidades, como refrigeración por aire en áreas de trabajo y bodegas, enfriamiento de agua de mar, etc., (media temperature, «MT»). Los sistemas grandes son generalmente sistemas inundados alimentados por bomba, como se muestra en la Figura 9. Actualmente usan refrigerante de un solo componente, generalmente R-22, pero el uso de amoníaco está aumentando. En tales sistemas, la carga de refrigerante es grande (varias toneladas), con tuberías largas y muchas conexiones, que a menudo causan fugas de refrigerante relativamente altas. Los sistemas más pequeños suelen ser sistemas de expansión directa («D-X»). Se utilizan principalmente en aplicaciones de refrigeración por aire (en bodegas y cámaras frigoríficas), pero son inadecuados para congeladores de placas. Son menos eficientes energéticamente que los sistemas inundados, pero el coste inicial es más bajo y requieren una carga de refrigerante más baja (del orden de unos pocos cientos de kilogramos).

## 3.3. Consideraciones climáticas

Dada la naturaleza de la industria, se puede encontrar que los buques pesqueros trabajan en climas extremos y variables. Pero los sistemas de refrigeración están dentro del buque, y los condensadores generalmente se enfrían con agua de mar. Incluso en climas más cálidos, la temperatura del agua de mar prácticamente nunca supera los  $32^{\circ}\text{C}$ , lo que sigue siendo bastante sencillo de diseñar. Por lo

Fig.9: Sistema inundado centralizado que utiliza un fluido de un solo componente: R-22 o amoníaco.

Fig. 10: Ejemplo de cascada con CO<sub>2</sub> para baja temperatura y salmuera para media temperatura.

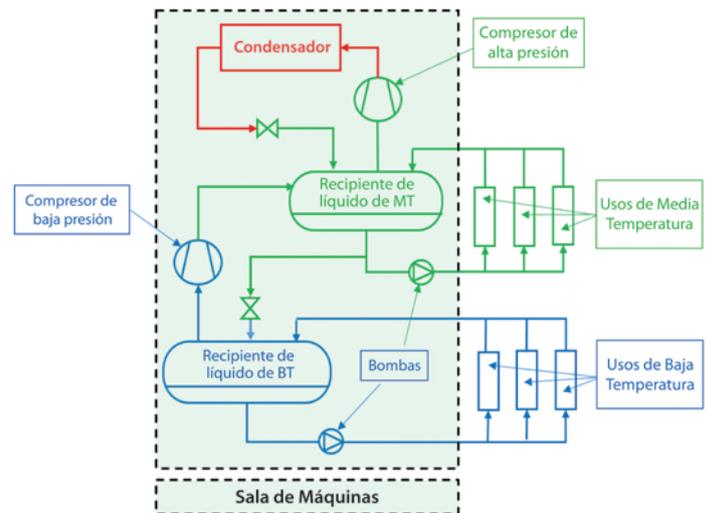


Fig.9

©Diagrama: - Paul de Larminat

tanto, aunque se debe tener en cuenta un clima cálido en el diseño cuando corresponda, no es un problema técnico importante.

## 3.4. Gestión de seguridad a bordo

La maquinaria de refrigeración debe construirse de acuerdo con un estándar de seguridad de equipo existente aprobado como el de EN-378 o equivalente. Para los sistemas refrigerados a bordo, actualmente no hay códigos internacionales acordados para la construcción de embarcaciones. De acuerdo con las prácticas de la industria, las decisiones de diseño deben basarse en análisis de riesgos sólidos realizados en coordinación con las sociedades de clasificación, las compañías de seguros y otras partes interesadas clave de la industria y los sectores públicos. Este enfoque de gestión de seguridad estándar es necesario para todos los tipos de refrigerantes y tecnologías. Cabe señalar también que algunos países han exigido normas marítimas nacionales exigibles por ley que pueden aplicarse también a los buques pesqueros.

En un diseño de acuerdo a la Figura 9, la mayor parte de la carga de refrigerante está en la sala de máquinas, instalada con detectores de fugas y ventilación adecuada y acceso muy restringido, especialmente si el refrigerante es inflamable. Sin embargo, aunque en menor cantidad, también hay algo de refrigerante en las áreas de trabajo o almacenamiento («uso»). Aunque se prefieren los fluidos no inflamables, la experiencia con amoníaco ha demostrado que dichos diseños pueden implementarse con una seguridad aceptable, siempre que el sistema esté diseñado en consecuencia, con la capacitación adecuada de la tripulación y procedimientos operativos y mantenimiento adecuados.

Tener sólo fluidos no inflamables, especialmente en las áreas de trabajo, siempre se prefiere por seguridad. Además de su alta eficiencia, es una razón por la cual el CO<sub>2</sub> ahora es ampliamente reconocido como apto para uso marino, especialmente para la etapa de baja temperatura de los sistemas en cascada. Cuando se combina con amoníaco para la etapa alta, el uso de CO<sub>2</sub> facilita la eliminación de amoníaco de las áreas de trabajo, con confinamiento en la sala de máquinas. Sólo la Figura 10 es un ejemplo de diseño para un sistema centralizado sin amoníaco en las áreas de trabajo. Combina la cascada de amoníaco / CO<sub>2</sub> para baja temperatura y el sistema indirecto para usos de temperatura media. Sin embargo, se observa que muchas otras arquitecturas de sistemas son factibles.

Si bien lo anterior se centra en el amoníaco, es probable que los refrigerantes A2L también tengan algunas aplicaciones, como los HFO para enfriadores de salmuera, mezclas para sistemas D-X o R-32 para algunas necesidades de proceso. Las tecnologías de refrigeración basadas en hidrocarburos actualmente no se consideran aceptables en los buques pesqueros.

<sup>4</sup>Norden, 2000. "Alternatives to HCFC as refrigerant in Fishing Vessels", ISBN 92-893-0504-5.

# 4 Refrigerantes utilizados actualmente y posibles alternativas

## 4.1. Sistemas refrigerados existentes

Se estima que el 70% de la flota pesquera mundial todavía utiliza R-22 para todas las aplicaciones de refrigeración (UNEP, 2016<sup>2</sup>, §-ES4). Antes de los requisitos para el cumplimiento del Protocolo de Montreal, el R-22 era una opción preferida por razones de eficiencia, coste y seguridad. Algunos barcos construidos en las últimas dos décadas están utilizando HFC como R-404A o R-507. En algunos barcos recientemente construidos o restaurados, se han utilizado cascadas de amoníaco o amoníaco / CO<sub>2</sub>.

## 4.2. Mezclas versus refrigerantes de un solo componente

La aceptabilidad técnica de los refrigerantes alternativos depende de la arquitectura del sistema. Los diseñadores tienen la opción de usar mezclas o fluidos de un solo componente, pero todas las mezclas propuestas como alternativas al R-22 tienen algo de «deslizamiento» de temperatura. Ejemplos típicos son las mezclas R-407A, R-407F, R-438A, R-448A y R-449A, 449B. Todas estas mezclas tienen un Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) en el rango de 1300 a 2400, es decir, aproximadamente la mitad que R-404A o R-507, pero con un deslizamiento de aproximadamente 6 a 7 K. Esto es generalmente aceptable en sistemas (DX), pero no se desea en grandes sistemas inundados, donde el deslizamiento puede provocar grandes penalizaciones de rendimiento.

## 4.3. Fluidos de bajo PCA: nuevos sistemas

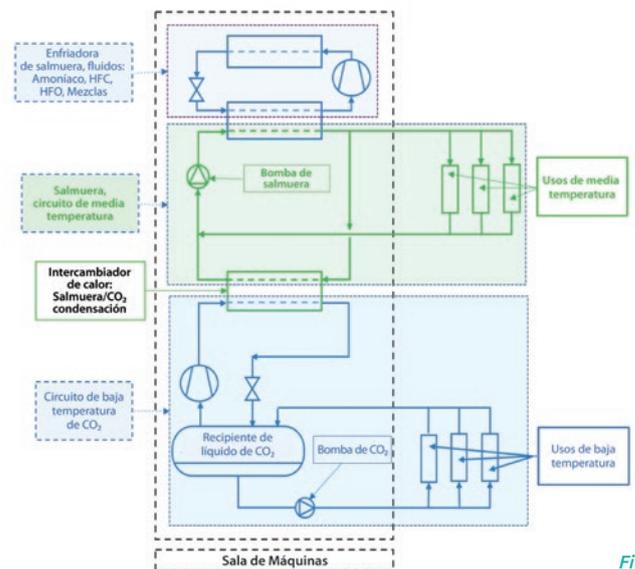
**Sistemas D-X:** como se mencionó anteriormente, los refrigerantes propuestos como alternativas al R-22 son mezclas con PCA de aproximadamente 1300 a 2400 para mezclas no inflamables. Debido a su deslizamiento, son más complicados de manejar que los fluidos puros. Por lo tanto, los sistemas deben diseñarse cuidadosamente, pero generalmente se puede considerar que tales mezclas son viables como alternativas al HCFC, sin embargo, con implicaciones sobre las características de PCA.

**Enfriadores de salmuera y agua de mar ("AMR"):** La mayoría de los enfriadores marinos se derivan de enfriadores terrestres estándar, con una adecuada marinización. La elección de los refrigerantes no es tan crítica para los enfriadores como lo es para los sistemas inundados grandes porque la carga de refrigerante es limitada y las tasas de fuga son mucho más bajas. Para temperaturas medias de -10 °C, se utilizan refrigerantes fluorados de PCA medio a bajo (como R-134A) o HFO de PCA más bajos o mezclas como R-513A. Para temperaturas inferiores a -10 °C, los refrigerantes utilizados principalmente son R-404A o R-507. Los sustitutos adecuados para R-404A o R-507 podrían ser R-410A que tiene un PCA comparativamente más bajo; R-32 también podría ser un sustituto de PCA medio a bajo adecuado, pero tiene problemas de inflamabilidad que deben abordarse. El amoníaco también es adecuado para todos los niveles de temperatura, siempre que el manejo del riesgo se considere aceptable considerando las implicaciones de toxicidad e inflamabilidad del amoníaco.

**Sistemas inundados centralizados:** Para satisfacer las necesidades de enfriamiento a temperatura media y baja simultáneamente con un refrigerante común de bajo PCA, el amoníaco es técnicamente una alternativa directa al R-22; Es rentable y de alta eficiencia energética, pero con limitaciones de seguridad. Una alternativa posible es usar dos refrigerantes diferentes en cascada, con CO<sub>2</sub> para el nivel de baja temperatura. Tales sistemas de CO<sub>2</sub> son compactos y muy eficientes. La excelente transferencia de calor de CO<sub>2</sub> a baja temperatura mejora el rendimiento de los congeladores, reduciendo su costo de capital y mejorando su productividad. Si se usa CO<sub>2</sub> para la etapa BT, la pregunta restante es qué fluido usar para la etapa media. Varias opciones son posibles. El CO<sub>2</sub> transcrito es factible en teoría, pero no está listo para los

buques pesqueros. Otras soluciones requieren un refrigerante diferente para la etapa de temperatura media de la cascada. El más utilizado hasta ahora es el amoníaco. En la cascada de amoníaco / CO<sub>2</sub>, la seguridad es más fácil de manejar que con los sistemas con 100% de amoníaco, porque la carga de amoníaco es menor y puede estar contenida en salas de máquinas. El R-134a o una de sus alternativas de bajo GWP también se pueden utilizar para la etapa media. Otra opción es utilizar sistemas «indirectos». En este caso, un enfriador enfría la salmuera a la temperatura «media» deseada alrededor de -8 °C. Este enfriador de salmuera se usa para satisfacer las necesidades a este nivel de temperatura y también para condensar el CO<sub>2</sub> del circuito de baja temperatura, como se ilustra en la Figura 10. Al igual que para AMR, este enfriador de salmuera puede usar una variedad de refrigerantes como amoníaco, HFC, HFO o mezclas adecuadas.

Una desventaja del CO<sub>2</sub> es que no puede alcanzar las temperaturas ultrabajas (por debajo de -50 °C) que a veces se desean para aplicaciones específicas, como pescado congelado de primera calidad para sushi. Ninguna tecnología ha ganado amplia aceptación para estas temperaturas ultrabajas. El R-23 podría usarse en teoría, pero tiene un GWP extremadamente alto. El etano sería técnicamente adecuado pero es altamente inflamable. Las tecnologías que no son en especie, como los ciclos de aire, son factibles, pero bastante ineficientes y aún muy caras. Los HFC de alta presión como R-32 o R-410A son probablemente las mejores soluciones de compromiso aceptables.



©Diagrama: Paul de Larminat

Fig. 10

## 4.4. Retroadaptaciones

Entre las diversas limitaciones en la retroadaptación de los sistemas existentes, la capacidad debe seguir siendo similar; las presiones de operación no deberían ser significativamente más altas que con el refrigerante de referencia, y la eficiencia no debería ser menor, especialmente porque la potencia de suministro es limitada a bordo. La compatibilidad con materiales, por ej. aceites, también debe ser considerada. Por seguridad, los refrigerantes inflamables no pueden usarse en sistemas diseñados inicialmente para el R-22 no inflamable.

Incluso con estas restricciones, normalmente se puede encontrar mezclas aceptables para adaptar los sistemas D-X de tamaño pequeño a mediano, pero se recomienda realizar pruebas en plantas piloto antes de proceder a una mayor escala.

La situación es mucho más difícil para los grandes sistemas inundados. Las adaptaciones del R-22 al amoníaco no son factibles por razones de compatibilidad y seguridad del material. Las pruebas previas para la adaptación al R-404A no demostraron ser técnicamente satisfactorias, y de todos modos no se desean debido al muy alto PCA de este refrigerante. El uso de mezclas de HFC / HFO también es muy problemático porque el deslizamiento de temperatura no es deseable en grandes sistemas inundados. Por lo tanto, en esta etapa, no existe una solución comprobada para adaptar los grandes sistemas inundados. Por esta razón, algunos buques que aún tienen una larga vida útil se están renovando por completo con nuevos sistemas, especialmente las cascadas de amoníaco / CO<sub>2</sub>. El coste inicial es alto, pero puede ser rentable gracias a una mejor eficiencia energética y una mayor productividad.

# 5

## Perspectiva y retos de desarrollo

Ya sea para embarcaciones nuevas, el reemplazo del sistema en embarcaciones existentes o las modificaciones cuando sea factible, las tecnologías utilizadas en embarcaciones pesqueras tendrán que cambiar a refrigerantes con menor PCA. Para buques nuevos o para la renovación de buques existentes, ya se dispone de tecnologías adecuadas. Los costes incrementales frente a los costes operativos de las nuevas tecnologías en comparación con las convencionales deben evaluarse cuidadosamente para comprender la economía y las oportunidades de financiación que se pueden ofrecer a través de diferentes plataformas internacionales o locales.

El desafío real y urgente es la gestión de la flota existente utilizando R-22. Estos buques pesqueros a menudo tienen varias toneladas de R-22 a bordo. Los buques tienen un estatus legal complejo, ya que se pueden construir, marcar, operar y prestar servicio en diferentes lugares. El servicio es un problema importante: la recarga de sistemas tan grandes puede consumir una gran parte del R-22 asignado a algunos de los países insulares, causando grandes dificultades en la implementación de su plan para eliminar los HCFC. Esto plantea problemas técnicos, económicos, legales y relacionados con la política.

Técnicamente, las soluciones de retroadaptación se pueden encontrar en la mayoría de los casos para sistemas D-X de tamaño pequeño a mediano, pero no para los sistemas inundados grandes. La reducción del consumo de R-22 para el servicio se puede lograr con una combinación de medidas: mejor detección y reparación de fugas, modernización de los sistemas cuando sea posible, retiro de algunos barcos existentes, reemplazo de los sistemas de grandes embarcaciones cuando tenga sentido económico teniendo en cuenta su vida útil restante y la posible recuperación y reutilización de fluidos después del final de la vida útil o la actualización. Pero grandes cantidades de R-22 seguirán siendo necesarias de todos modos.

Con más de 1,000 embarcaciones de diversas nacionalidades que pescan atún, en el Océano Pacífico, y aún más a nivel mundial, existe una necesidad urgente de contar con mecanismos para monitorear y controlar el consumo de todos los refrigerantes utilizados (UNEP, 2016<sup>2</sup>, p.120). Esto garantizaría que los países, especialmente de las Islas del Pacífico, pudieran cumplir con sus obligaciones bajo el Protocolo de Montreal, así como otros compromisos internacionales o regionales que podrían ser relevantes para otras partes.

## Conclusiones

El R-22 sigue siendo el refrigerante dominante en los buques refrigerados marinos de alta mar. Para sistemas D-X de tamaño pequeño a mediano, se pueden encontrar soluciones a corto plazo para sistemas nuevos utilizando fluidos fluorados con PCA medio, en su mayoría mezclas de HFC y HFO, algunos de los cuales no son inflamables. Se debe tener el cuidado adecuado en el diseño de estos sistemas para tener en cuenta el «deslizamiento» de estas mezclas. Estas mezclas también se pueden considerar para adaptar los sistemas R-22 D-X existentes.

Como alternativa al R-22 para los nuevos sistemas inundados grandes, las cascadas que utilizan CO<sub>2</sub> en la etapa de baja temperatura son muy atractivas. Para la etapa de temperatura media de tales cascadas, el amoníaco ya se usa ampliamente y ha demostrado ser seguro siempre que se implementen procedimientos de capacitación y operación adecuados. Las alternativas no inflamables, como los sistemas indirectos, también son factibles para la etapa de temperatura media de las cascadas, y ofrecen reducciones drásticas en el CO<sub>2</sub> equivalente de las cargas. Estas tecnologías son adecuadas para los nuevos sistemas, pero no se pueden utilizar para actualizar los sistemas existentes; Las mezclas con deslizamiento tampoco son una opción satisfactoria. Por lo tanto, aún no se ha encontrado una solución satisfactoria para la modernización de grandes sistemas R22 inundados. Para los buques pesqueros que tienen una larga vida útil restante, se requiere un reemplazo completo del sistema existente. Para embarcaciones más antiguas, se puede considerar continuar usando sus sistemas R-22 hasta el final de su vida útil.

*Exención de responsabilidad: Las denominaciones empleadas y la presentación del material de esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la Unidad de Medio Ambiente de la ONU ni del IIF/IIR con respecto a la situación jurídica de cualquier país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites. Además, las opiniones expresadas no representan necesariamente las decisiones o políticas de la Unidad de Medio Ambiente de la ONU ni del IIF/IIR, y la cita de nombres comerciales o procesos comerciales tampoco constituye ningún apoyo a las mismas.*