Para Destilar Agua de Mar en los Buques

Por J. HERD Ingeniero Civil

> El autor es miembro del Instituto de Ingenieros Mecánicos y del de Ingenieros Navales y Proyectistas, Jefe de Sistemas en la Heat Exchange Division (División de Intercambio Térmico) de G. & J. Weir Limited, Cathcart, Glasgow, S.4, Escocia.

a creciente autonomía de los buques de la marina de guerra, el mayor consumo de agua en los barcos de pasaje y la tendencia a dotarlos de salas de máquinas menores, pero más automatizadas, han dado lugar a una demanda de instalaciones destiladoras de agua de mar que, funcionando segura y automáticamente, ocupan poco espacio a bordo. Durante los últimos años ha mejorado tanto el diseño de esas instalaciones que ahora se vienen fabricando compactas destiladoras —completas e independientes— más pequeñas y baratas.

Estas destiladoras, de funcionamiento automático, llevan todo el equipo auxiliar necesario —como bombas y tuberías— para facilitar su instalación entre la maquinaria principal del barco. Gracias a su construcción modular, y a la simplificación de sus instrumentos de control, la destiladora marina es ya menos costosa y más fácil de mantener.

Aunque hay varios procedimientos para obtener agua dulce partiendo de la del mar —entre ellos los de electrodiálisis, ósmosis inversa y congelación—, el que más ampliamente se utiliza, con mucha diferencia, está basado en la destilación. Este método, bien que con muy diversas variantes, es prácticamente el único que se utiliza a bordo de los barcos y ha llegado a rendir en alto grado.

En la más sencilla de las instalaciones destiladoras se hace circular vapor por un serpentín de calefacción sumergido en el agua de mar, que contiene alrededor de un 3,6% de sólidos disueltos, principalmente sal. Parte del agua se vaporiza y, dejando tras sí la sal, pasa a un condensador, en tanto que el resto del agua salada, que adquiere mayor concentración, es extraída y expulsada.

Por "instalación destiladora" se entiende el heterogéneo conjunto de equipo que, debidamente dispuesto para fun-

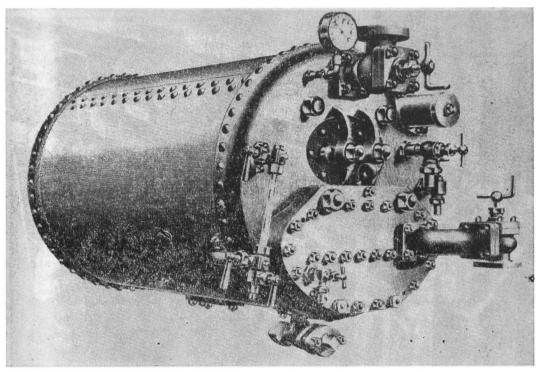


Fig. 1. Primera Cestiladora de agua de mar construida, en 1884, por la firma Weir.

cionar coordinadamente, pone en ejecución todo el proceso de destilación. En las instalaciones destinadas a los barcos puede variar la capacidad de producción de agua dulce de 20 a más de 700 toneladas diarias y, por supuesto, cabe montar a bordo más de una instalación.

EXIGENCIAS DE LOS DISTINTOS BARCOS

Mientras que en algunos buques es exclusivo el uso de agua destilada para toda finalidad, en otros se recurre a la instalación destiladora con objeto de acrecentar el agua obtenida de fuentes terrestres y almacenada en depósitos habilitados frecuentemente en el doble fondo del barco.

En esa primera clase de buques se encuentran los de guerra que, debido a lo nutrido de su tripulación, a las limitaciones tanto de peso como de espacio y a la creciente autonomía de que se les va dotando, no pueden llevar gran tancaje de agua. La destilación proporciona en ellos, pues, agua potable y para otros fines domésticos, así como la necesaria para alimentar a las calderas. Como en el agua de calderas debe estar limitado el nivel de contaminación salina a una o dos partes por millón, es lógico que estos barcos exijan un procedimiento para obtener agua dulce que resulte altamente eficaz y completamente seguro.

La presente "generación" de submarinos, por ser de propulsión vaponuclear y por llevar amplia dotación para travesías prolongadas en condiciones de inmersión total, también depende en gran medida de las instalaciones destiladoras. Salta a la vista que tales embarcaciones no pueden andar tan sobradas de espacio y flotabilidad como para transportar grandes cantidades de agua.

Por otra parte, ya al otro extremo de la escala, los grandes buques de pasaje cuentan con alguna cabida para almacenamiento de agua, aunque insuficiente para abastecer a los pasajeros de toda la que necesitan. Cualquier falla importante en la instalación destiladora de uno

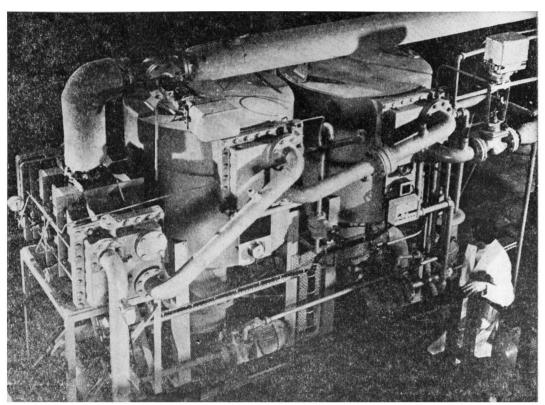


Fig. 2. La fotografía muestra una instalación destiladora MXFR, de dos etapas y mando a distancia, en plena prueba.

de estos buques haría francamente incómoda la vida de los pasajeros y pondría en un aprieto a la naviera propietaria del mismo.

La creciente confianza que viene inspirando el proceso de destilación puede apreciarse comparando la capacidad para el transporte de agua de dos transatlánticos como los "Queen Elizabeth". El primero se terminó de construir en 1940 con depósitos para 6.000 toneladas del líquido elemento. El segundo, botado recientemente, sólo puede transportar 1.200 toneladas para un número aproximadamente igual de personas, pero lleva, en cambio, tres instalaciones de destilación rápida capaces de producir 400 toneladas de agua cada una en 24 horas.

PROCEDIMIENTO DE DESTILACION RAPIDA

Se denomina destilación rápida al proceso por el que la formación de vapor de agua dulce se consigue, a presión reducida, partiendo de una solución de agua salada en la que no se sumerge ningún elemento de caldeo. Esta destilación en corriente de vapor, al igual que todos los procedimientos destilatorios, entraña también consumo calorífico. Pero el calor se aplica al agua salada mientras se halla sometida a presión y, por tanto, no se produce ebullición en las superficies de admisión calorífica.

En consecuencia, el agua salada conserva todo el calor en forma "sensible" y sólo es al pasar tal salmuera a la cámara de vaporización al vacío, cuya presión es inferior a la equivalente a la temperatura de ebullición de la salmuera, cuando se forma el vapor de agua dulce.

Una de las principales ventajas de este método radica en que reduce la formación de incrustaciones de sal que, de otro modo, se precipitarían por efecto de la ebullición y la salmuera, y que con el tiempo menoscabarían el rendimiento de la instalación.

Una sola de estas instalaciones puede contar con varias cámaras de vacío. El agua salada va pasando de una etapa a la siguiente a presiones progresivamente decrecientes, de manera que una instalación de cuatro etapas constaría de otras tantas cámaras para generar vapor a temperaturas de, por ejemplo, 74, 65, 57 y 49° C.

La instalación tetraetápica suele rendir a razón de 2,3:1, o sea, que produce 2,3 Kg. de agua dulce por cada uno de vapor de caldeo condensado, en tanto que dicha razón es de aproximadamente 1,3:1 en las instalaciones bietápicas. A esos dos tipos se ajustan las instalaciones suministradas en mayor proporción.

La condensación del vapor generado en cada etapa tiene lugar en los tubos condensadores correspondientes a tal fase. El calor latente que desprende el vapor al condensarse se aprovecha para precalentar el agua salada mientras se encamina a su calentador, donde se aplica la fuente exterior de caldeo. Así se consigue un grado apreciable de regeneración térmica y si se hace recircular, además, parte de la salmuera residual procedente de la última etapa, redunda ello en una gran economía térmica.

CRECIENTE CONSUMO PERSONAL

Debido a que van en aumento la producción y el consumo personal de agua dulce a bordo de los barcos, es primordial la necesidad de que éstos cuenten en alta mar con una instalación destiladora sencilla, eficaz y, sobre todo, digna de confianza.

Al mismo tiempo conviene hacer uso del calor de escape que encierra el sistema de circulación de agua de los motores diesel, pues de lo contrario iría a parar al mar.

En los barcos se tiende ahora a habilitar salas de control de maquinaria y poco menos que a suprimir los servicios de guardia en la sala de máquinas propiamente dicha. En algunos buques se ejerce toda la vigilancia necesaria mediante un completo sistema de datos y alarma, por lo que su funcionamiento normal únicamente exige el concurso del personal de servicio durante el día y no el tradicional sistema de guardia por turnos. Además,

las salas de máquinas modernas son más pequeñas. En consecuencia se han hecho necesarias unas compactas instalaciones de destilación que no exijan sino un mínimo de regulación y mantenimiento.

Estos factores se han impuesto a la hora de proyectar las instalaciones modernas, conduciendo a que se las automatice en algunos casos hasta un punto que se tenía previamente por imposible de lograr como no fuera a un coste elevado. La serie de destiladoras MX recientemente introducida por la firma G. & J. Weir, de Glasgow, Escocia, ilustra este tipo de instalación. El diseño modular permite modificar la instalación para adaptarla a buques de guerra o mercantes grandes y pequeños. El conjunto básico se puede suministrar como destiladora normal con capacidad para producir hasta 75 toneladas de agua diarias, pero cabe fabricar conjuntos de mayor capacidad.

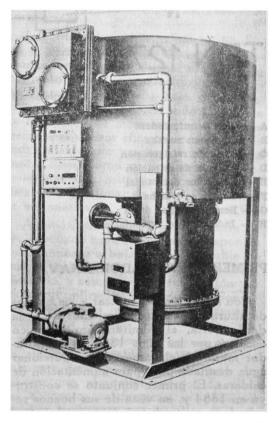


Fig. 3. Destiladora automática de agua de mar, tipo MX, fabricada por G. & J. Weir Ltd.

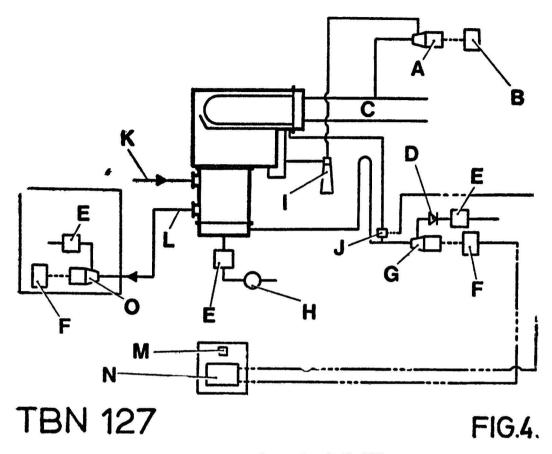


Fig. 4. Esquema de una instalación MX:

- A Bomba reforzadora
- B Puesta en marcha
- C Agua de refrigeración
- D Válvula de retención
- E Regulador del caudal
- F Puesta en marcha
- G Bomba de agua dulce
- H Indicador de alimentación

- I Eyector combinado
- J Sonda
- K __ Entrada de agua caliente o vapor
- L Salida de agua caliente
- M Avisador del salinómetro
- N Salinómetro
- O Bomba de desagüe.

PRIMERA DESTILADORA NAVAL

Con idea de independizar a los buques de altura de los abastecimientos de agua desde tierra, el Almirantazgo británico encargó por los años 1880 un evaporador marino Weir capaz de proporcionar agua destilada pura para alimentación de calderas. El primer conjunto se construyó en 1884 y, en vista de sus buenos resultados, no tardaron en seguirle otros evaporadores mayores y más complejos. Esta clase de instalación naval, en escala

completa comprendía hace 60 años una bomba de acción directa, un forro de madera guarnecido con zunchos de latón y una serie de mandos e instrumentos.

Hasta 1959 no tuvo esta compañía su primer éxito, tras gran labor de perfeccionamiento, en cuanto a diseño de una instalación destiladora completa e independiente. En dicha instalación se desarrollaba el proceso a presión subatmosférica, haciendo posible que la temperatura del vapor de caldeo fuese menor que en instalaciones anteriores y acrecentan-

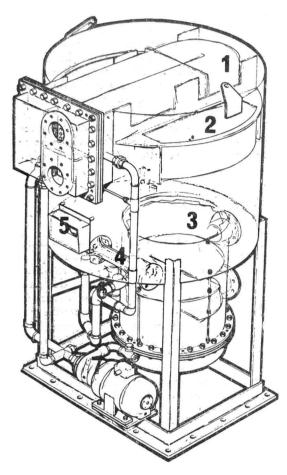


Fig. 5. Principales componentes de la destiladora automática de agua de mar MX:

- Grupo de tubos condensadores de la destiladora.
- 2.—Desempañador.
- 3.__Grupo de tubos calentadores.
- 4.—Eyector de salmuera y aire.
- 5.—Salinómetro.
- 6.-Regulador de la alimentación.
- 7.-Bomba del destilado.

do la diferencia de temperatura entre el medio calentador y el calentado a determinadas diferencias de presiones. Al principio se dispuso el proceso de una serie de etapas destinadas a mejorar el rendimiento térmico, empleándose el vapor generado en una fase como medio de caldeo para la siguiente.

Con objeto de acrecentar la pureza del agua producida, así como la estabilidad de funcionamiento de la instalación, se utilizaron muy diversos desviadores para distribución del vapor. Eran éstos de tipo deflector, centrífugo y en forma de baño de agua dulce por el que pasaba el vapor, sometidos a una acción de limpieza para eliminar la gotículas de salmuera retenidas.

El tamaño, el peso y el costo de estas instalaciones eran mayores que los de las nuevas destiladoras. Sus elementos de caldeo tenían más tendencia a la acumulación de incrustaciones y exigían mayor número de instrumentos.

LAS NUEVAS INSTALACIONES

La nueva destiladora MX consiste en una serie de conjuntos que se pueden montar de distintas maneras para adaptarlos a casi todo tipo de barco. Además se han eliminado los instrumentos tradicionales de control a base de regular automáticamente los diversos flujos, reduciéndose así a un mínimo los gastos de instalación.

Los objetivos principalmente fijados en el perfeccionamiento de estas instalaciones fueron los siguientes: proyectar un conjunto básico que resultara económico; hacerlo funcionar a baja temperatura con objeto de reducir todo lo posible la formación de incrustaciones y de que permitiera utilizar eficazmente el agua de enfriamiento por camisa exterior de un motor diesel como medio de caldeo; proporcionar una instalación completa y lista para funcionar de manera totalmente automática.

Además, el conjunto básico habría de ser adecuado para funcionar en vapor de calentamiento a baja presión, dotable de puesta en marcha y parada por mando a distancia, y susceptible de fabricación por lotes con utilización de tantos componentes comunes en la gama de producción como fuera posible.

El conjunto básico en que se emplea un elemento de caldeo sumergido en la salmuera tendría que ser diseñado de manera que, al combinarse dos de ellos, sus elementos calefactores se pudieran sustituir fácilmente por sencillas cámaras de vacío instantáneas, que resultan más económicas en cualquier combinación. El resultado es una instalación bietápica rápida que sólo necesita la adición de un combinador del calor suministrado exteriormente y bombas en consonancia con los caudales de agua requeridos.

La evaporación del agua de mar tiene lugar sin ayuda de serpentines u otros elementos convencionales y con un gradiente térmico relativamente pequeño en las superficies de termotransferencia, característica que contribuve a que la formación de incrustaciones sea mínima. El cuerpo de cada destiladora es de dos piezas y encierra un grupo de tubos en "paquete" para entrada de calor, otro grupo de tubos destiladores y dos desempañadores situados en la mitad superior del condensador de destilación. Un solo evector de salmuera-aire cumple la doble misión de extraer salmuera del evaporador y aire de la destiladora para descargar esa mezcla residual al exterior del buque. La calidad del agua dulce que proporciona la destilación se comprueba mediante un salinómetro cuyo sistema de alarma sirve para regular el funcionamiento de la bomba que ha de abastecer de agua aceptablemente destilada a los depósitos del barco.

SISTEMA DE ALARMA CON MENOS APARATO

La utilización de tal sistema avisador para regular el arranque y la parada de la bomba, permite eliminar el procedimiento ya tradicional de conducir el agua dulce inaceptable a la sentina por medio de válvulas de solenoide. Gracias a un sencillo sistema de retorno desde el conducto de aspiración de la bomba de agua dulce, toda agua inaceptable vuelve al compartimiento del agua salada con el resultado de que se evitan derrames fuera de la destiladora y se mantiene a bajo nivel la concentración de salmuera, lo cual coadyuva, a su vez, a que se restablezca enseguida un funcionamiento normal.

CONCLUSION

En el pasado, debido a que los barcos necesitaban mucho personal de máquinas, apenas había incentivos para modificar ampliamente el diseño de unas destiladoras que, aun resultando relativamente costosas, eran, al menos, conocidas y seguras. Pero hoy en día se ha reducido ese personal y se busca constantemente la manera de hacer economías, y puede decirse que en el último quinquenio ha hecho más progresos el diseño de esas instalaciones que en los setenta años precedentes.

La supeditación de los barcos al aprovisionamiento de agua en puerto es actualmente eliminable —como necesidad sistemática— con el uso de destiladoras que no sólo resultan económicas de instalar y fáciles de conservar, sino que funcionan con sencillez y seguridad.

