

TÍTULO:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA PARA LA CLIMATIZACIÓN DE UNA FLOTA DE BUQUES”

AUTORES:

José Luis Maldonado Castro¹, Alfredo Barriga Rivera²

¹Ingeniero Mecánico 2000

²Director de Tesis, MC. En Ingeniería Mecánica; PhD. En Ciencias de la Investigación, Universidad de Washington USA.

RESUMEN

El proyecto se basa en el estudio de una central de enfriamiento de agua que al estar ubicada en los muelles permita proveer de agua refrigerada a los Buques llamados Corbetas de la Armada del Ecuador, con el afán de climatizar el área de servicio de los mismos.

Para el estudio se determinó la carga térmica de las unidades, en base a sus componentes como: personas, luces, equipos eléctricos, personas, paredes y cubiertas expuestas al sol y otros generadores de carga, para luego seleccionar equipos capaces de satisfacer la demanda térmica, como:

Equipos de refrigeración tipo Chiller, Bombas de circulación de agua dulce y salada, sistemas de tuberías y accesorios.

En la selección se consideraron equipos de alta eficiencia, y que operan con un control de capacidad adecuado para obtener un ahorro sustancial de consumo de energía que hará posible recuperar la inversión de la planta en plazo menor a 5 años.

INTRODUCCIÓN:

Las unidades atracadas en los muelles de la Base Sur de Guayaquil requieren mantener permanentemente en operación las plantas de aire acondicionado con el fin de tener climatizadas las áreas de los equipos electrónicos.

Esto ha dado lugar a que estos sistemas hipotéticamente trabajen entre 18 y 24 horas al día, trabajo que disminuye la vida útil de los compresores, bombas de recirculación, condensadores, evaporadores y demás elementos.

El empleo permanente de la planta provoca el deterioro de sus componentes, lo que implica problemas económicos y de maniobra para su reemplazo. Por lo que se requiere dimensionar la planta de aire acondicionado para los buques en los muelles con el objetivo de:

- Precautelar la vida útil de las plantas de aire acondicionado de los Buques en Muelle.
- Economizar en consumo de energía.
- Ahorro en mantenimiento y reposición de equipos.

CONTENIDO:

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Escuadrón de Corbetas que se encuentran atracadas en los muelle de BASUIL cuentan con un sistema de plantas de aire acondicionado a bordo, de constitución robusta con una potencia instalada de 50HP y con una capacidad de 112500 frigorías por hora (446 430 BTUH), que trabajan de manera permanente de 18 a 24 horas al día e incluso cuando se encuentran atracadas en muelles, dando servicio a el área de los equipos electrónicos y demás compartimentos del Buque.

Este uso permanente se traduce en la disminución de la vida útil de los equipos instalados como compresores, evaporadores, condensadores, bombas de recirculación, válvulas de paso, válvulas de expansión termostática, y demás accesorios.

Se requiere implementar un sistema de plantas de aire acondicionado que al ubicarse en los muelles pueda abastecer a todas las corbetas que se encuentran atracadas, climatizando de esta manera todas las áreas que se requieran de los buques, usando las mismas unidades manejadoras de aire (UMA) o Mobilletos como se las conoce en las corbetas.

El objetivo primordial del proyecto es preservar la vida útil de las plantas a bordo, por las razones ya expuestas y poder obtener un ahorro económico sustancial en operación de las unidades a través del uso de la planta instalada en muelle.

Observaciones del sistema actual

Capacidad de los climatizadores

La capacidad de enfriamiento manejada entre los climatizadores y climatizadores locales es de 40 toneladas de refrigeración, en tanto que los mobilettis integradores manejan una capacidad de enfriamiento de 20 toneladas de refrigeración. Por lo tanto en el momento de máxima carga es necesario contar con una capacidad de enfriamiento de 60 TR, es decir las tres cuartas partes de la capacidad instalada de equipos Chiller para satisfacer la capacidad requerida.

Al analizar el sistema se puede observar que:

- Existe una degradación del aislamiento térmico de los ductos, por lo que la capacidad de enfriamiento no se transmite en buena forma al área de servicio.
- Los equipos electrónicos ubicados en el cuarto de control, en la sala de radar, sala de radio y demás, se los prenden para realizar maniobras de reparación en otras áreas de compartimentos, aunque no a su capacidad normal, razón por la cual los mobiletti encargados de extraer el calor de estos, deben permanecer prendidos y su carga parcial debe ser considerada para el nuevo diseño.
- Los equipos manejadoras de aire (climatizadores) no distribuyen el aire a su capacidad normal.
- El sistema neumático para accionar las válvulas de tres vías no se encuentran operativos.
- El control de capacidad automático para la modulación de la carga térmica no se encuentra en uso, por lo que el monitoreo de la planta es manual.

2. Condiciones del proyecto.

Las condiciones de diseño establecidas, interiores y exteriores, determinan el contenido de calor del aire. Ellas afectan directamente la carga térmica sobre los equipos de aire acondicionado influenciando en la transmisión de

calor a través de la estructura exterior y además por la diferencia de contenido de calor entre el aire externo e interno.

2.1. Condiciones Internas de Diseño

De acuerdo a ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y aire acondicionado), en su capítulo para embarcaciones Navales, recomienda que los rangos de temperatura interna de diseño van desde 75 a 80 °F de bulbo seco y aproximadamente 50 % de humedad relativa; Considerando que la Nave permanecerá atracada en muelle, y los efectos de incidencia del viento son menores que cuando esta navegando, seleccionaré las siguientes condiciones internas que se mantendrá en las áreas a climatizar:

Temperatura de bulbo seco: 75 °F

Temperatura de bulbo húmedo: 62.5 °F

Humedad Relativa: 50%

2.2 Condiciones Externas de Diseño

Para la estimación de la carga de diseño se considero como el día más caluroso del año el 21 de Marzo a las 15H00 en donde se tiene las condiciones más severas las cuales son:

Temperatura de bulbo seco: 92 °F

Temperatura de bulbo húmedo: 80 °F

Humedad Relativa : 60%

2.3 Ubicación y Orientación del buque

El Buque, dentro de los muelles de Basuil, se encuentra ubicado a 2.015 ° de Latitud Sur.

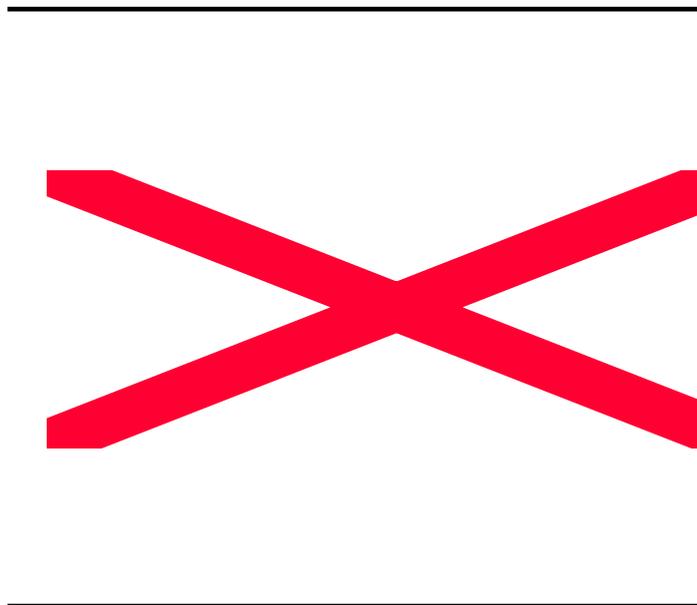


FIGURA 1.- Orientación del buque

2.4 CALCULO DE CARGA TÉRMICA

Los resultados obtenidos en el Calculo de carga térmica instantánea para el Buque se detallan en la tabla I a continuación:

TABLA I.- RESULTADOS DE CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA

CALCULO DE CARGA TERMICA					
EMBARCACION	Corbeta Misilera		N° 1		
ZONA	C1-cubierta 100				
FECHA DE DISEÑO	Mar-21				
HORA DE DISEÑO	15:00				
ALTURA (ft)	7,6				
RESULTADOS OBTENIDOS					
CLIMATIZADORES	AREA (FT2)	CFMmando	CFM EXT.	T.R	HP
C1	832	1330,8	330,0	6,8	0,9
C2	748	1197,2	231,8	6,4	0,8
C3	1697	1647,3	424,2	9,3	1,0
CL3A,B	211	337,4	52,7	1,1	0,2
3487		4512,6	1038,65	23,50	
NOTA: Se considera una carga total de 32 TR , estimando las maniobras de reparación en las que operan parcialmente los equipos electrónicos, de 8 TR.					
CARGA TERMICA: 32 TR.					

De acuerdo a estos resultados, la carga térmica demandada es de 32 toneladas de refrigeración, para cada nave tipo Corbeta; por lo que para la flota, considerando que son seis buques se demandará una carga térmica de 192 toneladas de refrigeración.

3. SELECCIÓN DEL ENFRIADOR

De acuerdo al estudio de los sistemas enfriadores de agua, se opta por un sistema enfriador de líquidos tipo tornillo por las siguientes ventajas:

- ◆ Ofrece modulación continua de capacidades desde 100% hasta 10% de su capacidad total
- ◆ La reducción de potencia a carga parcial es lineal con respecto a la disminución de la capacidad.
- ◆ Ofrece consumos específicos a carga parcial (Kw/Ton.) superiores al funcionamiento de un Reciprocante y equiparable con un Centrifugo.
- ◆ Menores frecuencias de parada y arrancada
- ◆ Mínimas superficies en contacto.
- ◆ Mínimo mantenimiento

3.1 Disposición De Los Equipos Seleccionados

(Ver la disposición recomendada de los equipos en figura 2)

3.2 Ubicación de planta en Muelle

(Ver figura 3 Ubicación de Plantas en Muelle)

4. ESTIMACIÓN DE COSTOS GENERALES

En este capítulo se realizará una comparación de los costos de inversión inicial, operación y mantenimiento que se involucran en la implementación de la nueva planta en muelle, con respecto a los costos

que conllevan la operación y mantenimiento de las plantas instaladas en los buques, con el afán de determinar en que tiempo es posible poder recuperar la inversión de la nueva planta, es decir en que tiempo estaría pagada la planta.

Estimación de Costos de la Nueva Planta

La carga promedio estimada es del 52 %, es decir la demanda diaria promedio es del 52 por ciento de la carga máxima que es de 192 TR, por lo que para efectos de cálculos usaremos un consumo de energía única correspondiente a 74.88 KW por cada hora.

COSTO TOTAL

Inversión Inicial	169 085 USD
Costos de Operación-anual	35 531 USD
Mantenimiento-anual	2 000 USD
TOTAL	206 616 USD

Estimación de Costos de la Planta Instalada en Buques

Costo total

Resumiendo los costos de la planta instalada en el Buque:

Costo de Operación	93459 USD
--------------------	-----------

Costo de Mantenimiento	10 000 USD
Total	103459 USD

ANÁLISIS DE COSTOS

El costo de operación y mantenimiento de la nueva planta sin lo estimado en inversión inicial, da un valor aproximado de 37 531USD, por año.

En tanto que los costos totales de la planta instalada en los buques, en lo que respecta a costos de operación y mantenimiento es de aproximadamente 103 459 USD al año.

Por estos rubros se determina un ahorro en operación y mantenimiento del 65 928 USD al año.

Al relacionar el ahorro anual de 65 928 USD, con la inversión inicial (solo de la parte mecánica, faltando por considerar en el análisis la parte eléctrica y civil) de la nueva planta que asciende a 169 085 USD, se puede determinar que la inversión se recupera en un plazo menor a cinco años.

FIGURA 2.- Disposición recomendada de una instalación en paralelo

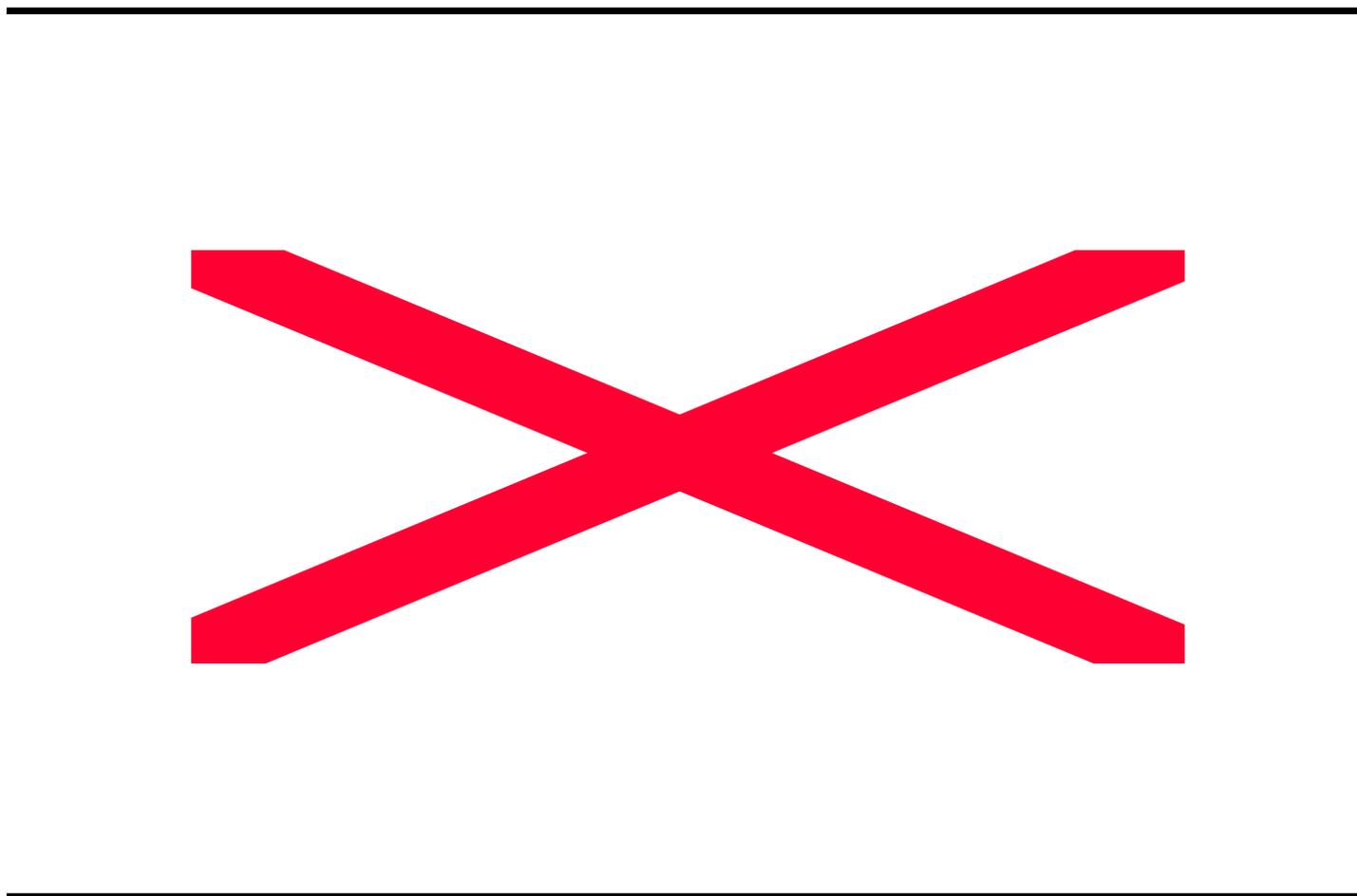
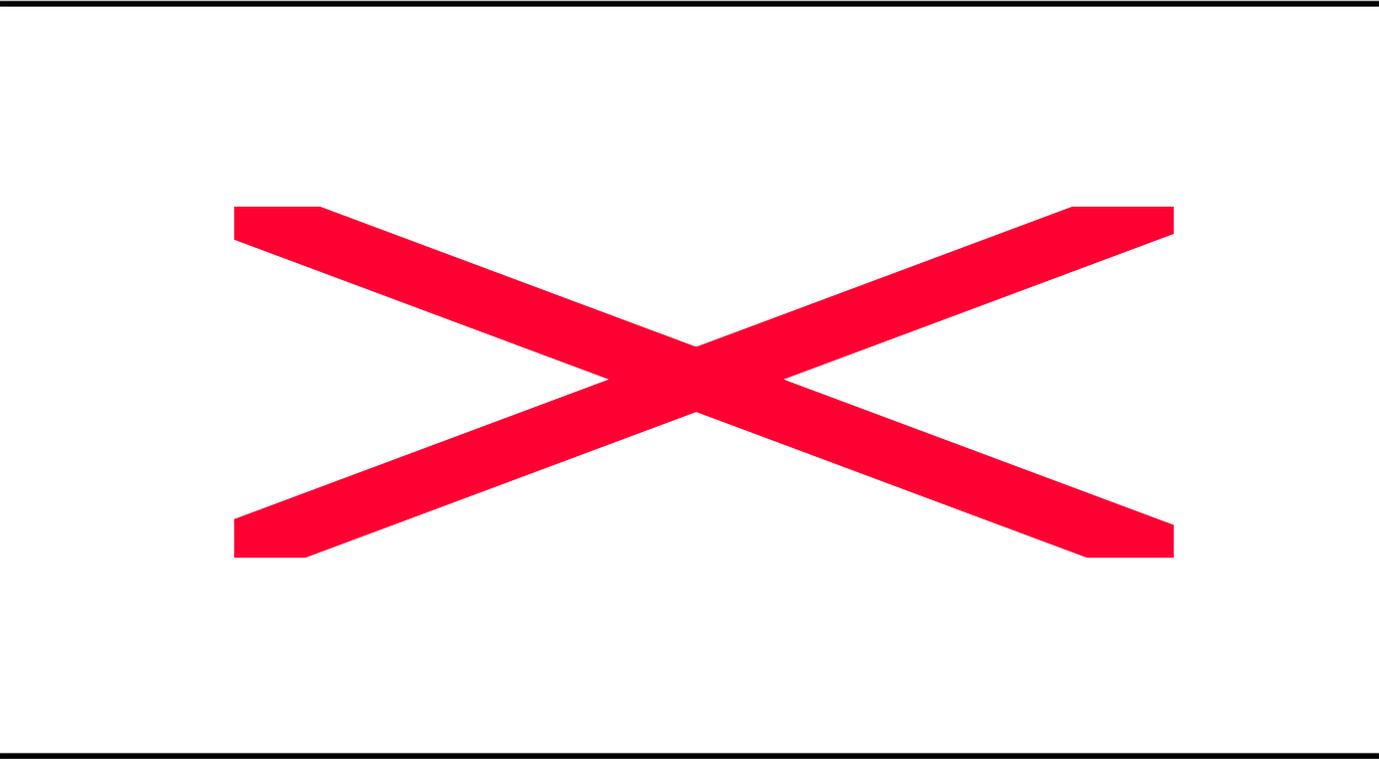


Figura 3. Ubicación de Plantas en Muelles



CONCLUSIONES

La central de enfriamiento instalada en muelle es capaz de abastecer a la flota de corbetas con una capacidad de enfriamiento de 192 TR, en relación a las 240 toneladas de refrigeración, que es la capacidad de enfriamiento de las plantas en los Buques.

Para una optimización de los recursos energéticos, se recomienda instalar controles de capacidad térmica en los equipos instalados en los Buques, que al momento se encuentran en desuso como válvulas de tres vías, termótatos, etc.

Analizando los costos del diseño nuevo en relación con los costos de las plantas instaladas en las Corbetas, la inversión es recuperable en menos de cinco años.

Se puede concluir que es factible la implementación de un sistema de enfriamiento de agua en los muelles de Basuil, considerando que los equipos electrónicos no traban al 100% permanentemente.

Debido a la utilización de equipos más eficientes a los instalados, se aprecia un ahorro sustancial en costos de operación que a la postre son los que justifican la instalación del proyecto.

El ahorro en consumo de energía se realiza en toda la planta, es decir en equipos Chiller, bombas de agua salada, bombas de agua dulce.

REFERENCIAS

1. Maldonado Castro José Luis, “Diseño de un Sistema de Enfriamiento de agua para la climatización de un Escuadrón de Corbetas a instalarse en los muelles de Basuil” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y ciencias de la Oroducción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000)
2. ASHRAE, “CD ASHRAE HANDBOOK”, 1997; Fundamentals, Equipment, Aplicacion, Refrigeración
3. CARRIER CORPORATION, “Handbook of air conditioning System Design”, Mac Graw – Hill, 1965.
4. Mariner’s Annual ; Ordering Guide; 1999, edición internacional
5. SNAME, “Marine Engineering” ; tercera impresión; 1980; capitulo 19 , Enviroment control
7. Manual del Buque, “Impianto Condizionamento Estrazione e Ventilacione”, Vol. 1 de 2 y Vol. 2 de 2, 1982