

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA NAVAL



**PRINCIPALES CONSIDERACIONES EN LA
SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE UN
CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO POR AGUA
DE MAR A BORDO.**

Tesis para optar al Grado de
Licenciado en Ingeniería Naval,
Mención Construcción Naval.

PROFESOR PATROCINANTE
Sr. Mario Loaiza Ojeda
Ingeniero en Máquinas Marinas

FERNANDO JOSÉ DE GRACIA DEL CID
2006

Esta Tesis ha sido sometida para su aprobación a la Comisión de Tesis, como requisito para obtener el grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.

La Tesis aprobada, junto con la nota de examen correspondiente, le permite al alumno obtener el título de Ingeniero Naval, mención Construcción Naval.

EXAMEN DE TITULO:

Nota de Presentación (Ponderada) (1) : 4,576
Nota de Examen (Ponderada) (2) : 1,300
Nota Final de Titulación (1+2) : 5,88

COMISION EXAMINADORA:

PROF. FREDY RIOS M

DECANO



FIRMA

PROF. MARIO LOAIZA O

EXAMINADOR

FIRMA

PROF. HECTOR LEGUE L.

EXAMINADOR

FIRMA

PROF. RAUL NAVARRO A

EXAMINADOR

FIRMA

PROF. MILTON LEMARIE O

SECRETARIO ACADEMICO

FIRMA

Valdivia, ENERO 20 DE 2006

Nota de Presentación = NC/NA * 0,6 + Nota de Tesis * 0,2

Nota Final = Nota de Presentación + Nota Examen * 0,2

NC = Sumatoria Notas de Curriculum, sin Tesis

NA = Número de asignaturas cursadas y aprobadas, incluida Práctica Profesional.

Dedico este trabajo a mis padres y hermana, y doy gracias a que con su ejemplo, constante esfuerzo y su incondicional apoyo soy la persona que soy hoy en día, los quiero mucho.

A la familia Castellví-Huerta, por ofrecerme una segunda familia y un hogar, en momentos que fueron tan difíciles, les estaré eternamente agradecido.

A la familia Fierro-Morales, que me brindaron un especial cariño y ayuda.

A mis amigos, que son la familia que uno elige, nunca olvidaré los tantos momentos pasados juntos.

A Maria Jesús, que fue mi principal pilar en esta última etapa, muchas gracias.

Y a todos los que no he podido mencionar, pero saben que realmente los llevo dentro de mi corazón y les agradezco su gran apoyo.

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVO:	1
1.2 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO:.....	2
1.2.1 Dentro de los sistemas de enfriamiento directo tenemos:.....	3
1.2.1.1 Directo con agua salada solamente (Raw Water Cooling System).....	3
1.2.1.2 Directo por circulación de agua dulce versus agua de mar a través de un enfriador de quilla (Keel Cooling System).....	5
1.2.1.2.1 Consideraciones de diseño e instalación:.....	12
1.2.1.2.2 Enfriadores de quillas tipo caja:.....	17
1.2.1.3 Directo por circulación de agua versus aire a través de un radiador.	19
1.2.2 Dentro de los sistemas de enfriamiento indirecto tenemos:	25
1.2.2.1 Enfriamiento indirecto por circulación de agua dulce versus agua de mar a través de un intercambiador de calor.....	25
1.2.2.1.1 Sistema de intercambiadores de calor para agua de chaqueta	25
1.2.2.2 Enfriamiento central de motores (Central Cooling System).....	28
1.3 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A UTILIZAR Y BUQUE BASE.....	36
1.4 REQUERIMIENTO A BORDO.....	38
1.5 FUNCIONES DEL CIRCUITO A BORDO	39
1.5.1 Suministro de agua de mar para el enfriamiento de agua de chaqueta de los motores principales:.....	39
1.5.2 Suministro de agua de mar para el enfriamiento de agua de chaqueta de motores auxiliares	40
1.5.3 Suministro de agua de mar para enfriamiento de agua que circula por los frenos del winche principal.....	41
1.5.4 Suministro de agua de mar para enfriamiento de equipos auxiliares.....	41
1.5.5 Suministro de agua de mar para sistema de Lastre	41
1.5.6 Succión de emergencia de sentina en sala de máquinas	41
1.5.7 Suministro de agua de mar para sistemas contra-incendio	42
1.5.8 Suministro de agua de mar para la generación de agua dulce a bordo	42
1.5.9 Suministro de agua de mar para equipos auxiliares.....	42
1.6 CASA CLASIFICADORA:.....	43
1.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	48

1.7.1 Componentes principales del sistema:	49
1.7.1.1 Planta Propulsora principal:	50
1.7.1.2 Planta Auxiliar	51
1.7.1.3 Sistema de agua de mar para el Generador de agua dulce.....	52
1.8 CONSIDERACIONES TÉCNICO ECONOMICAS:	53
1.8.1 Lugar de construcción:.....	53
1.8.2 Economía local:	54
1.8.3 Proveedores:.....	54
1.8.4 Calidad (materiales):	55
1.8.4.1 Reacciones químicas.....	55
1.8.4.2 Par eléctrico	56
1.8.5 Recursos y necesidades del armador:	58
1.9 DISEÑO DEL CIRCUITO	59
1.9.1 Balance Térmico del Sistema (flujos, heat rejection, delta t):	59
1.9.2 Obtención de la oposición al flujo en el sistema.....	61
1.9.3 Obtención de agua a bordo (caja de mar):	62
1.9.4 Obtención de agua a bordo (cross-over).....	66
1.9.5 Manejo Operacional del Sistema:	68
1.9.5.1 Puesta en Servicio de Motores:.....	69
1.9.5.2 En Puerto:	69
1.9.5.3 En Navegación:.....	69
1.9.5.4 Modo de Servicio Normal:	70
1.9.5.5 Modo de Abastecimiento Normal:.....	70
1.9.5.6 Modo de Situación Critica:	71
1.10 TIPOS DE ELEMENTOS A UTILIZAR:	72
1.10.1 Válvulas:	72
1.10.2 Cañerías:	80
1.10.3 Filtros:	81
1.10.4 Bombas:	81
1.10.5 Intercambiadores de calor:.....	82
1.10.6 Termómetros:.....	83
1.10.7 Manómetros y Vacuómetros:.....	83
1.10.8 Marine Growth Prevention System (MGPS):.....	83
1.10.9 PT's:.....	84
1.11 SELECCIÓN Y ADQUISICION DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO:.....	85
1.11.1 Válvulas:	86
1.11.2 Cañerías:	87

1.11.3 Filtros:	87
1.11.4 Bombas:	87
1.11.5 Intercambiadores de calor:	88

CAPITULO II: INSTALACION A BORDO

2.1 OBJETIVO:	90
2.2 CAÑERÍAS:	91
2.2.1 Manejo General:	91
2.2.2 Corte y maquinado.	92
2.2.3 Formado:	92
2.2.4 Armado:	93
2.2.4.1 Piezas:	93
2.2.4.2 Tramos de Cañerías:	94
2.2.4.3 Cañería Completa:	94
2.2.4.4 Sistemas de Cañerías:	94
2.3 UNIONES:	96
2.3.1 Las propiedades mecánicas de las soldaduras:	97
2.3.2 Preparación para soldadura:	98
2.3.3 Soldaduras intermitentes:	98
2.3.4 Preparación de superficies:	99
2.3.5 Material de aporte:	100
2.3.6 Tratamiento después de soldar:	101
2.3.7 Inspecciones:	101
2.3.8 Uniones flangeadas:	102
2.3.9 Pasadas de Mamparo y Cubierta:	102
2.4 MONTAJE, SUJECION Y SOPORTES:	103
2.5 ACCESIBILIDAD:	106
2.5.1 Acceso libre a la operación de todas las válvulas:	107
2.5.2 Acceso libre a operación y lecturas de manómetros, termómetros y otros instrumentos:	107
2.5.3 Acceso fácil a bombas, intercambiadores de calor, filtros u otros equipos:	107
2.5.4 Acceso no restringido para la sustitución de alguna válvula, bomba, intercambiador de calor, u otro equipo o instrumento.	107
2.6 MODIFICACIONES EN TERRENO:	108
2.7 TERMINACIONES:	109

CAPITULO III: PUESTA EN MARCHA

3.1 OBJETIVO:	112
3.2 TIPOS DE PRUEBAS	113
3.2.1 Controles de Materiales a utilizar	113
3.2.2 Exámenes Visuales	113
3.2.3 Pruebas de Presión y Estanqueidad (Hidrostáticas, Neumáticas).....	114
3.2.4 Limpieza de circuito (flushing).....	115
3.2.5 Controles radiográficos de soldadura.....	116
3.3 PRUEBAS INTERNAS.....	117
3.3.1 Pruebas y controles propios de los equipos:	117
3.3.2 Pruebas de uniones soldadas.....	117
3.3.3 Ubicación correcta de elementos y accesorios en el circuito.....	118
3.3.4 Pruebas de estanqueidad de cañerías	118
3.3.5 Puesta en marcha del circuito	118
3.3.6 Aprobación de Control de Calidad listo para la prueba de muelle.	120
3.4 PRUEBAS DE MUELLE (QUAY TRIAL).....	121

CAPITULO IV: REGISTROS Y ENTREGAS

4.1 OBJETIVO:	122
4.2 INFORMES TECNICOS:.....	123
4.3 PROTOCOLOS DE ENTREGA:	127
4.4 PLAZOS:	131

CONCLUSIONES

GLOSARIO DE TERMINOS

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

El siguiente trabajo, es una recopilación de datos, experiencias, información técnica y estudios acerca de los sistemas de enfriamientos por agua de mar de un buque.

Este trabajo busca orientar al lector sobre las diferentes alternativas que se manejan en el proyecto de instalación a bordo de un sistema de enfriamiento en un buque clasificado del tipo ATHS Vessel, tomando en cuenta las principales consideraciones que hay que tener en una construcción, desde sus primeras etapas, hasta la entrega a plena satisfacción del Armador.

SUMMARY

The following job is a data summary of tips, experience, technical information and studies about sea water cooling systems in a ship.

This work looks for to show the reader different alternatives that can be shown in a installation project of a cooling system of an ATHS Vessel Classified Ship, taking into account the main considerations that have to take care in a detail construction so as this one, from his first stages, to the total satisfaction of the owner at the delivery stage.

INTRODUCCIÓN

Muchos sistemas complejos de cañerías aparecen dentro de las más recientes Construcciones Navales. Cada uno de estos sistemas tienen su debida importancia de acuerdo a las funciones que desempeñan a bordo, y a su vez, se relacionan entre sí para desempeñar una función en común. Los circuitos en general tienen dos grupos de funciones: *Función general* y *función específica*.

El objetivo primario de este trabajo es realizar una guía práctica sobre las consideraciones principales en la selección e instalación a bordo de un circuito de enfriamiento de agua de mar, analizando y siempre teniendo en cuenta su función general y específica. Para esto se utilizarán herramientas, datos, bibliografías y arreglos específicos dentro de la construcción real de este circuito, para así cumplir el objetivo final de este trabajo: Lograr establecer un ejemplo de selección e instalación a bordo de un circuito de agua de mar con los últimos avances tecnológicos e ingenieriles.

CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVO:

Este capítulo busca mencionar los posibles sistemas de enfriamiento de motores que existen en el mercado. Luego, elegiremos el sistema de enfriamiento a utilizar, mencionaremos sus componentes, seleccionaremos los equipos, y hablaremos de las consideraciones básicas que se presentan por los diseñadores, sociedad de clasificación, especificaciones técnicas y armador.

Es también objetivo, explicar los diferentes modos de funcionamiento al cual debe estar diseñado el circuito, cumpliendo con los requerimientos y funciones del mismo a bordo.

Nota: En adelante, las indicaciones de flujo en diagramas y figuras correspondientes corresponderán a lo siguiente:

- Agua de chaqueta alta temperatura
- Agua de chaqueta baja temperatura
- Agua de mar

1.2 SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO:

Un apropiado sistema de enfriamiento para una planta propulsora diesel es esencial, entre muchas otras cosas, para garantizar una vida útil satisfactoria y el desempeño ideal de la misma. El diseño, uso y tratamiento de mantenimiento inadecuado de estos sistemas son la causa directa de las fallas y detención de los motores.

Tipos de sistemas de enfriamiento:

Existen en la actualidad varios sistemas de enfriamiento de motores marinos, dependiendo de muchos factores de diseño o adquisición. Cada armador en conjunto con el astillero prioriza sus factores de adquisición y diseño de acuerdo con sus posibilidades económicas.

Por lo general a manera de ejemplo los factores vienen en el siguiente orden: (cabe destacar que *no es una regla* la siguiente clasificación; cada clasificación de factores de diseño hay que analizarla por separado por las partes correspondientes).

Primer factor:

Tiene que ver directamente con el sistema propio de enfriamiento de cada motor. Cada motor marino viene diseñado para una o varias alternativas de enfriamiento. Quiero decir con esto de que el primer paso para diseñar un circuito de enfriamiento es tener el propio motor a utilizar, con su respectivo catálogo de instalación y guías de componentes. Dentro de estos catálogos se dan las diferentes alternativas de enfriamiento y se decide luego que sistema a utilizar es mejor de acuerdo a lo que llamamos segundo factor.

Segundo factor:

Viene ligado directamente con lo que es costos. Costos de adquisición y mantención; donde se analizan cada uno de los elementos del circuito (Bombas, Válvulas, Actuadores, Instrumentos Intercambiadores de calor, Tableros de control, Controladores de frecuencias, Cañerías, entre otros).

Entramos en terreno de adquisiciones, diálogos (negociaciones), cotizaciones, garantías y proveedores.

Tercer factor:

Facilidad, tiempo de instalación, recursos constructivos, etc. Este tercer factor viene ligado mas al proyecto. El tiempo de construcción, el tiempo que lleguen los equipos a la obra, tamaños y volúmenes de los mismos, transporte de los mismos dentro del propio astillero, herramientas y personal capacitado, entre otros factores son los que concluyen nuestra selección del sistema de enfriamiento necesario.

Estos tipos de sistemas de enfriamiento varían mucho de acuerdo a su diseño, pero principalmente se dividen en 2 grandes grupos:

- Ø **1.2.1 Sistemas de enfriamiento directo**
- Ø **1.2.2 Sistemas de enfriamiento indirecto**

1.2.1 Dentro de los sistemas de enfriamiento directo tenemos:

1.2.1.1 Directo con agua salada solamente (Raw Water Cooling System)

Consiste en hacer circular agua de mar a través de la chaqueta del motor principal, mediante una bomba, que tiene una succión directa del mar (fig 1.2.1 y fig 1.2.2). También tienen una descarga al costado. Entre la bomba y la succión de mar, tienen filtros y mallas para garantizar que no lleguen, ni pasen impurezas a través de la bomba a la chaqueta del motor, que puede causar incrustaciones en la chaqueta de motor, o desgastes en los alabes de la bomba.

Este sistema está obsoleto debido a los grandes problemas de corrosión que puede causar en el interior del motor, siendo reemplazado por otros sistemas más efectivos y menos agresivos galvánicamente hablando.

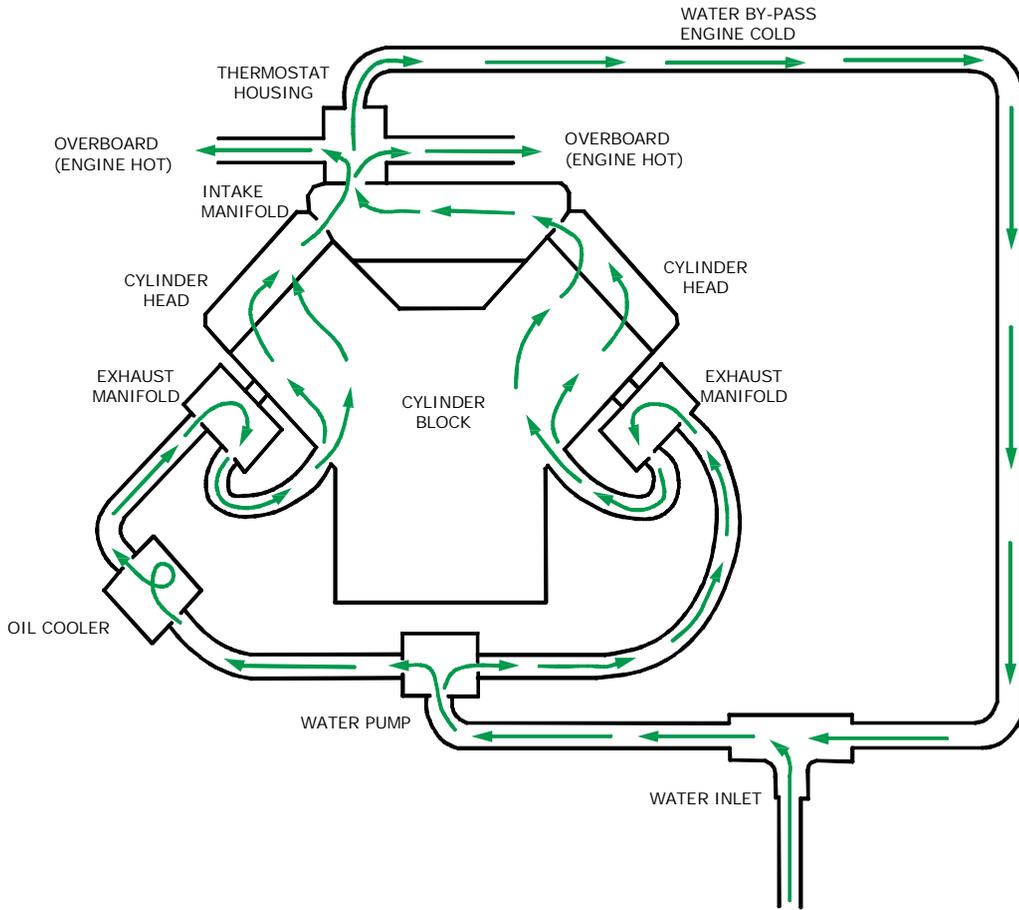


fig 1.2.1 Circulación de agua salada a través del motor

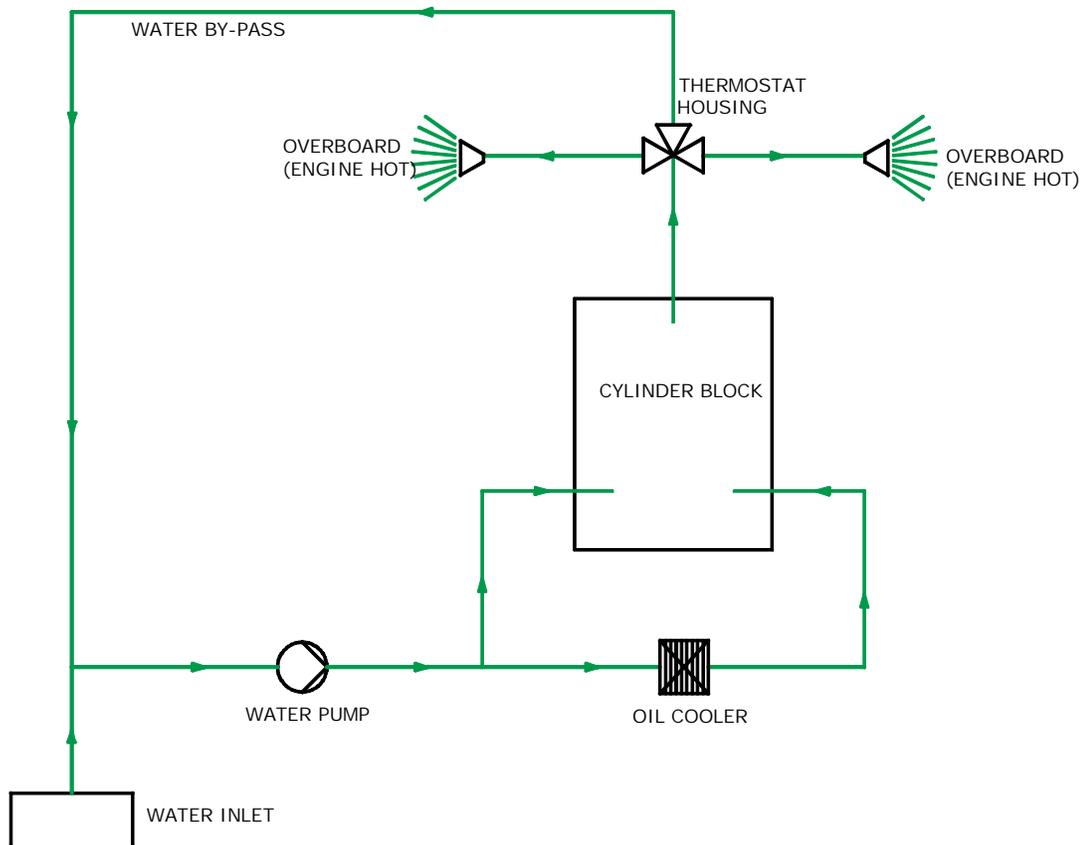
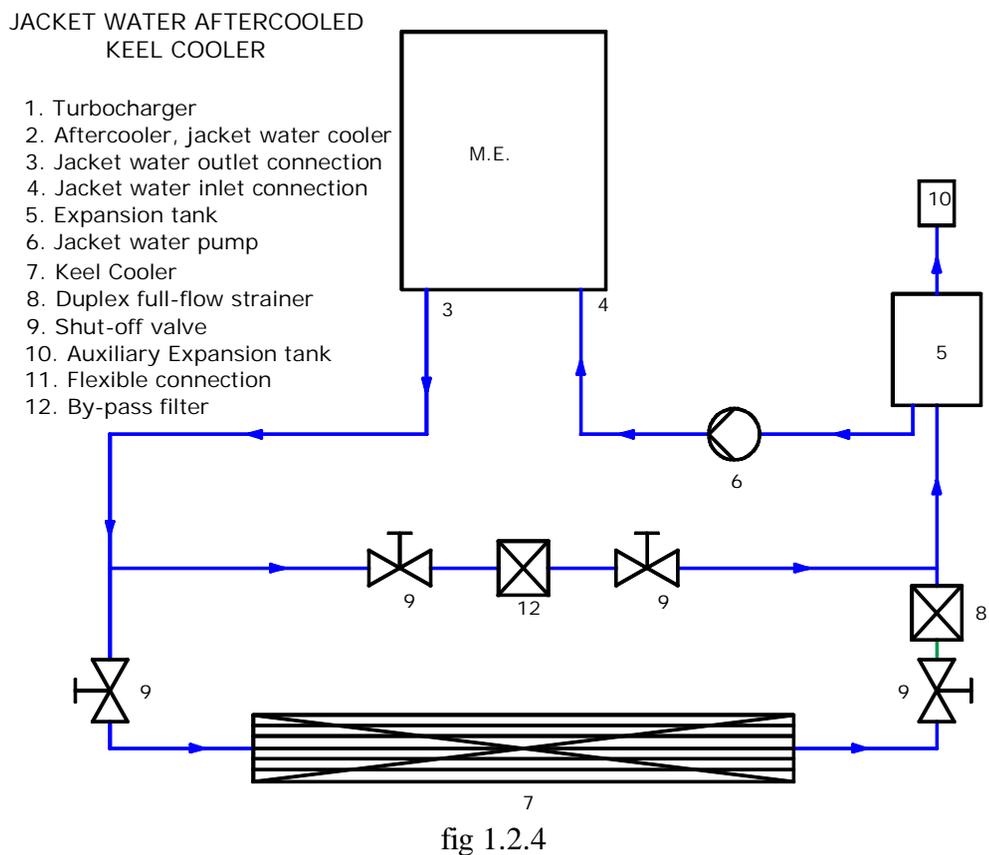
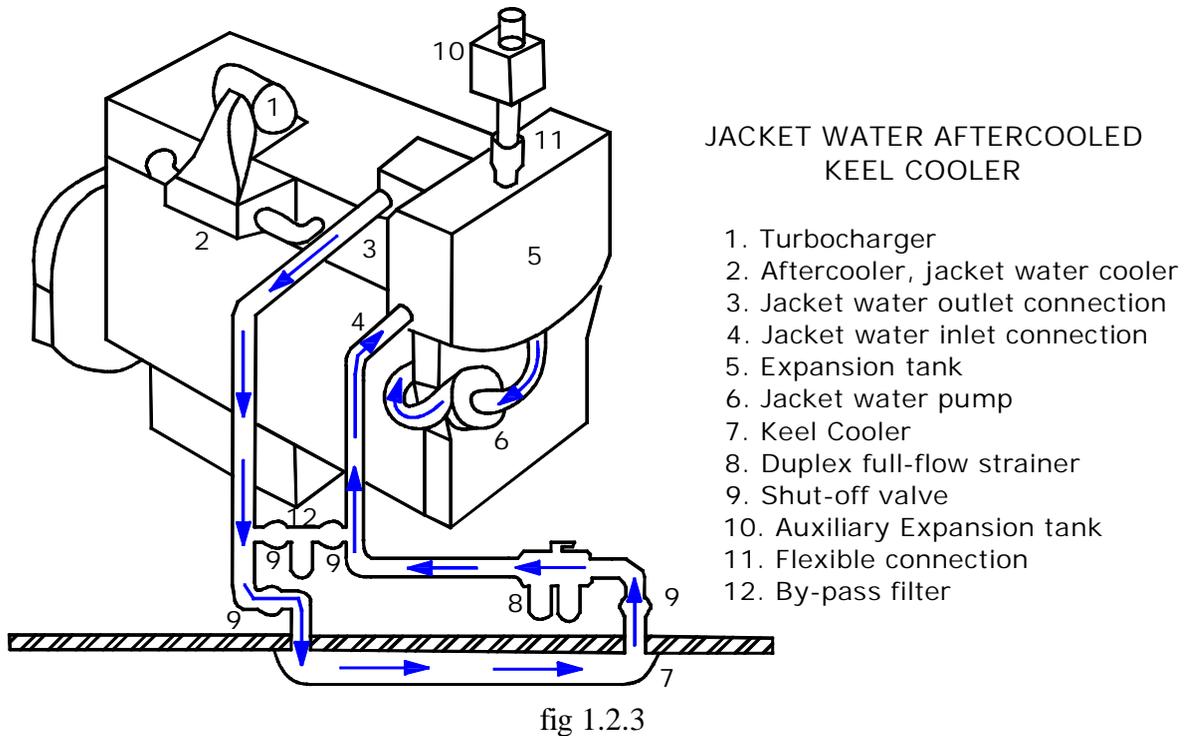


fig 1.2.2 Diagrama de enfriamiento directo por agua de mar

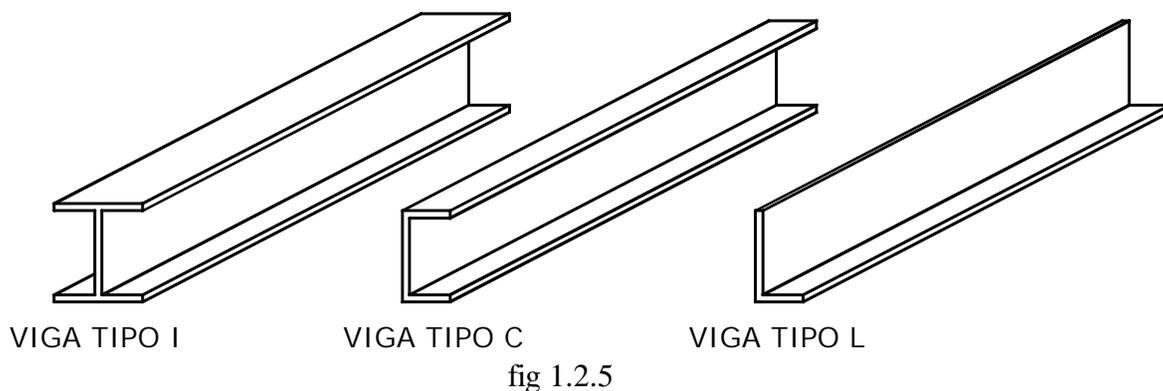
1.2.1.2 Directo por circulación de agua dulce versus agua de mar a través de un enfriador de quilla (Keel Cooling System)

Un enfriador de quilla es un intercambiador de calor fuera de borda, que está añadido al casco, o construido como parte de él en la parte sumergida del buque (obra viva). El calor presente en el agua de circulación proveniente del motor, es obligado a pasar por este enfriador mediante una bomba acoplada al mismo motor. (fig 1.2.3 y fig 1.2.4)



Enfriadores quillas del tipo estructural o formando parte del casco:

Los enfriadores de quillas fabricados pueden tener varios tipos de construcción, como cañerías, tubos serpentines, Vigas tipo I, Vigas tipo C, Vigas tipo L, (fig 1.2.5) entre otras formas disponibles. La elección de estas formas de material y el tipo dependen directamente de las aguas donde el buque está destinado a prestar servicio. Estos materiales deben ser compatibles con materiales usados en el casco del buque, poniendo atención así, a la prevención de corrientes galvánicas.



Dimensionamiento de los enfriadores de quillas:

La temperatura máxima límite del agua del motor está controlada de acuerdo al tamaño del enfriador de quilla. El rango de intercambio de calor dentro de cualquier enfriador, depende principalmente en la temperatura de enfriamiento, flujo de circulación de agua de enfriamiento y superficie de intercambio de calor. Un enfriador de quilla debe operar a su máxima capacidad cuando el buque este estático (velocidad 0 nudos).

El área mínima calculada debe incluir el factor de incrustación (fouling). Los materiales usados en la construcción de un enfriador, las condiciones de las aguas donde el buque va a operar, y una experiencia laboral amplia son factores que influyen mucho en el correcto dimensionamiento de un enfriador.

Las recomendaciones que se dan en los gráficos más adelante (fig 1.2.10 a 1.2.12), se deben aplicar solamente a los enfriadores de quilla fabricados de acero estructural (Vigas, Cañerías, etc.) soldados directamente al planchaje del casco del buque, y no así a los otros tipos de enfriadores de quilla tales como los enfriadores de quilla tipo caja. Estas recomendaciones toman en cuenta la resistencia natural térmica a la transferencia de calor de una plancha de acero, las coberturas internas y externas de éstas, y los factores de corrosión expuestos interna y externamente. Los coeficientes de la transferencia de calor de agua dulce circulando por el

interior de las cañerías están basados para una velocidad de 0.9 m/seg (3 ft/seg). El coeficiente de transferencia de calor del agua salada varía dependiendo de la velocidad de operación del buque. Estos factores misceláneos y otros se convierten tan predominantes en la eficiente transferencia de calor, que el tipo de material utilizado y su espesor se convierten en no tan relevantes consideraciones.



fig 1.2.6. Enfriador de quilla tipo estructural

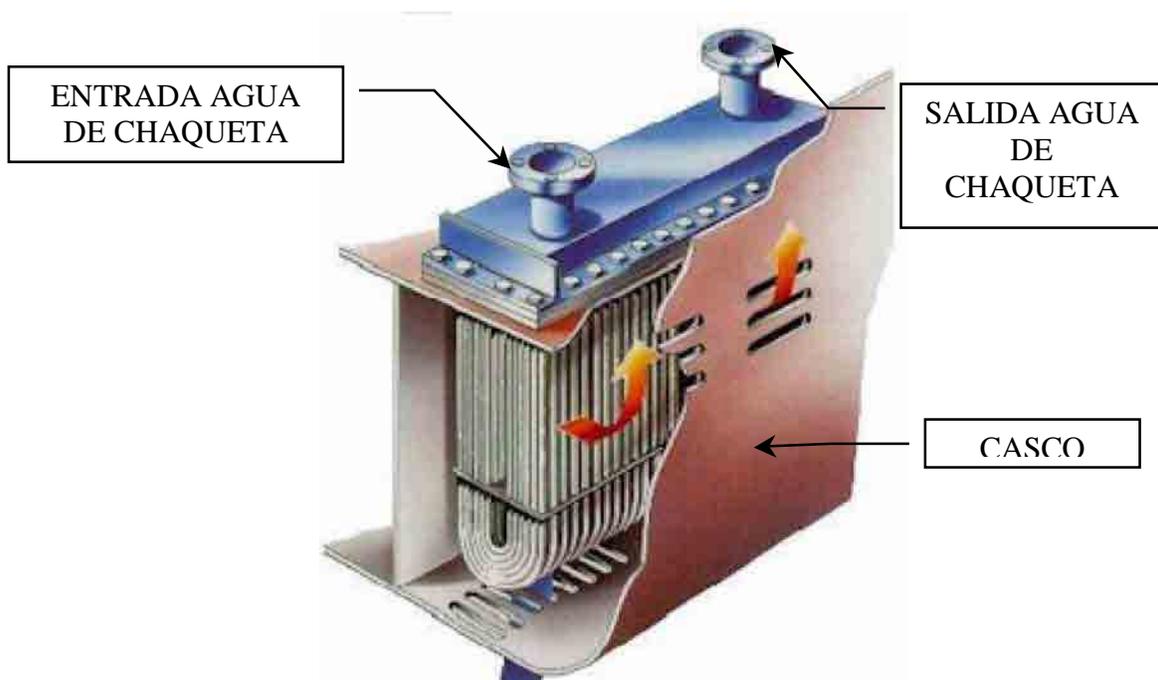


fig 1.2.7. Enfriador de quilla tipo caja

El deterioro interno y externo de un enfriador en formas de moho, incrustaciones y picaduras, reducen progresivamente la efectividad de los enfriadores de quilla durante un período de años. También protecciones especiales como pinturas, sistemas preventivos de incrustaciones (anti-fouling) también reducen el rango de transferencia de calor. Puede tomar de 4 a 5 años un deterioro total de un enfriador de quilla. Por ende, se debe considerar en su diseño un buen sobre-dimensionamiento.

Debido al severo deterioro de las características de transferencia de calor asociadas con enfriadores de acero estructural, se convierte casi impracticable un adecuado dimensionamiento del enfriador. Esto es particularmente en las regiones donde las temperaturas de agua de mar sobrepasan los 30°C. En estas regiones, se aconseja utilizar enfriadores de quilla tipo caja o box-coolers hechos de materiales resistentes a la corrosión. Estos enfriadores pueden suministrar una mayor superficie de intercambio de calor en un volumen específico, que los enfriadores de quilla de acero estructurales.

A continuación se muestra en una hoja de trabajo para enfriadores de quilla, los parámetros mínimos que se deben manejar para dimensionar un enfriador de quilla. (fig 1.2.8)

Keel Cooler Sizing Worksheet
Keel Cooler Sizing Worksheet

Engine Jacket Water Circuit:

- | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. Jacket water heat rejection* | _____ | kW (Btu/min) |
| 2. Jacket water flow* | _____ | L/sec (Gpm) |
| 3. Vessel speed classification | <input type="checkbox"/> | 8 knots & above |
| | <input type="checkbox"/> | 3 knots |
| | <input type="checkbox"/> | 1 knot |
| | <input type="checkbox"/> | still water |
| 4. Anticipated seawater maximum temperature | _____ | C° (F°) |
| 5. Minimum cooler area required (per unit) | _____ | m ² /kW |
| | _____ | (ft ² /Btu/min) |
| 6. Minimum area required (Line 1 times Line 5) | _____ | m ² (ft ²) |

Aftercooler Water Circuit:

- | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. Aftercooler circuit heat rejection* | _____ | kW (Btu/min) |
| 2. Aftercooler circuit water flow* | _____ | L/sec (Gpm) |
| 3. Vessel speed classification | <input type="checkbox"/> | 8 knots & above |
| | <input type="checkbox"/> | 3 knots |
| | <input type="checkbox"/> | 1 knot |
| | <input type="checkbox"/> | still water |
| 4. Anticipated seawater maximum temperature | _____ | C° (F°) |
| 5. Minimum cooler area required (per unit) | _____ | m ² /kW |
| | _____ | (ft ² /Btu/min) |
| 6. Minimum area required (Line 1 times Line 5) | _____ | m ² (ft ²) |

Marine Gear Oil Cooling Circuit:

- | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. Marine gear heat rejection** | _____ | kW (Btu/min) |
| 2. Vessel speed classification | <input type="checkbox"/> | 8 knots & above |
| | <input type="checkbox"/> | 3 knots |
| | <input type="checkbox"/> | 1 knot |
| | <input type="checkbox"/> | still water |
| 3. Anticipated seawater maximum temperature | _____ | C° (F°) |
| 4. Minimum cooler area required (per unit) | _____ | m ² /kW |
| | _____ | (ft ² /Btu/min) |
| 5. Minimum Area Required (Line 1 times Line 5) | _____ | m ² (ft ²) |

* Refer to TMI (Technical Marketing Information)

** See section on Marine Gear Heat Rejection

fig 1.2.8

Transmisión de calor al mar:

Cada fabricante de motor, o de enfriador de quilla tiene algún método especial para el cálculo de transmisión de calor al mar. A manera de ejemplo a **continuación mostraremos los métodos de cálculo usados por Caterpillar para obtener la transmisión de calor en un sistema de enfriamiento para una caja reductora de una planta propulsiva**. Cabe señalar que es un método de cálculo, no un ejemplo de cálculo, esto quiere decir que solo se indican las relaciones y fórmulas necesarias para hacer el cálculo, y no un ejemplo numérico.

Esta caja ofrece una eficiencia de 95% a 97%, dependiendo del factor de servicio (generalmente la mayoría de los fabricantes ofrecen el mismo rango de eficiencia) (fig 1.2.9)

Service Factor	Marine Gear Efficiency	Marine Gear Power Loss Factor
I	97%	3%
II	97%	3%
III	96%	4%
IV	95%	5%

fig 1.2.9

La máxima transferencia de calor en el sistema de enfriamiento de la caja reductora de la planta Caterpillar, es igual a la potencia transmitida desde el motor multiplicado por un factor de pérdida de potencia.

$$H = P \times F$$

donde: H = Transferencia de Calor máxima del aceite en la caja reductora.

P = Potencia generada en el motor y transmitida a través de la caja reductora.

F = Factor relacionado al calor generando en el aceite de caja debido a la eficiencia de la transmisión en la caja reductora.

Los factores de conversión comúnmente utilizados son los siguientes:

$$31.63 \times \text{kW} = \text{Btu/min}$$

$$42.41 \times \text{hp} = \text{Btu/min}$$

A continuación se muestran gráficos de recomendaciones para diseño, cabe destacar que el uso de los mismos se reduce solamente a enfriadores de quilla de tipo estructural. En todos los gráficos se deben conocer la velocidad de servicio del buque, y la temperatura anticipada de agua de mar en las condiciones de servicio. (fig 1.2.10 a 1.2.12)

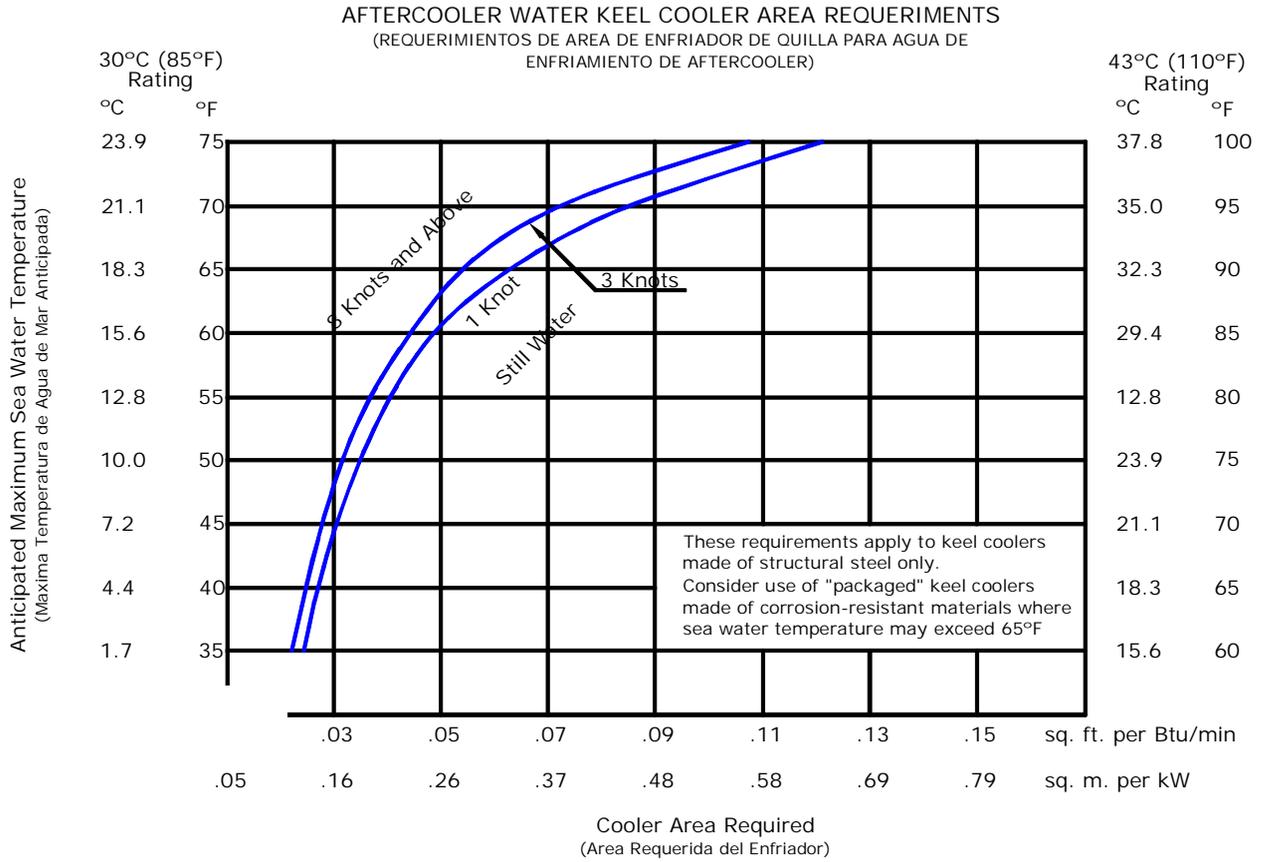


fig 1.2.10

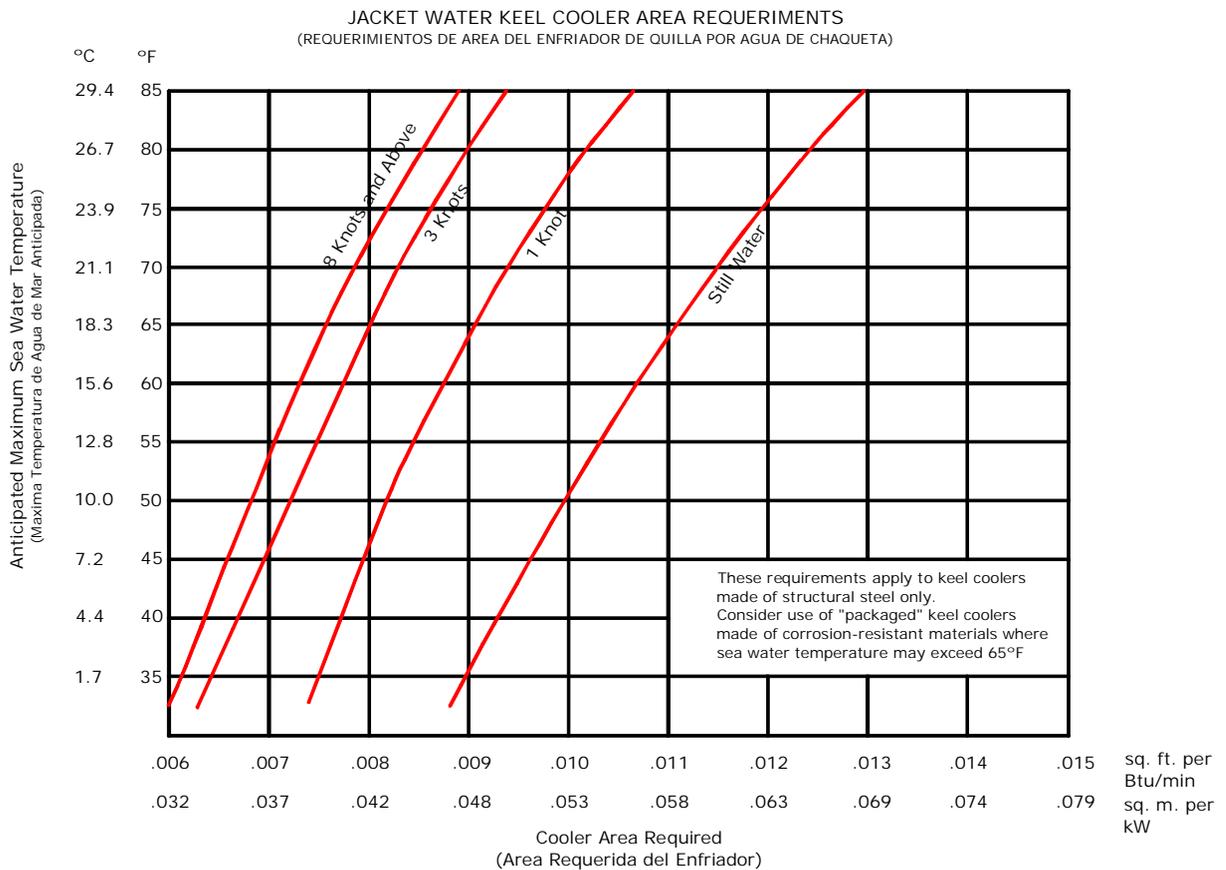


fig 1.2.11

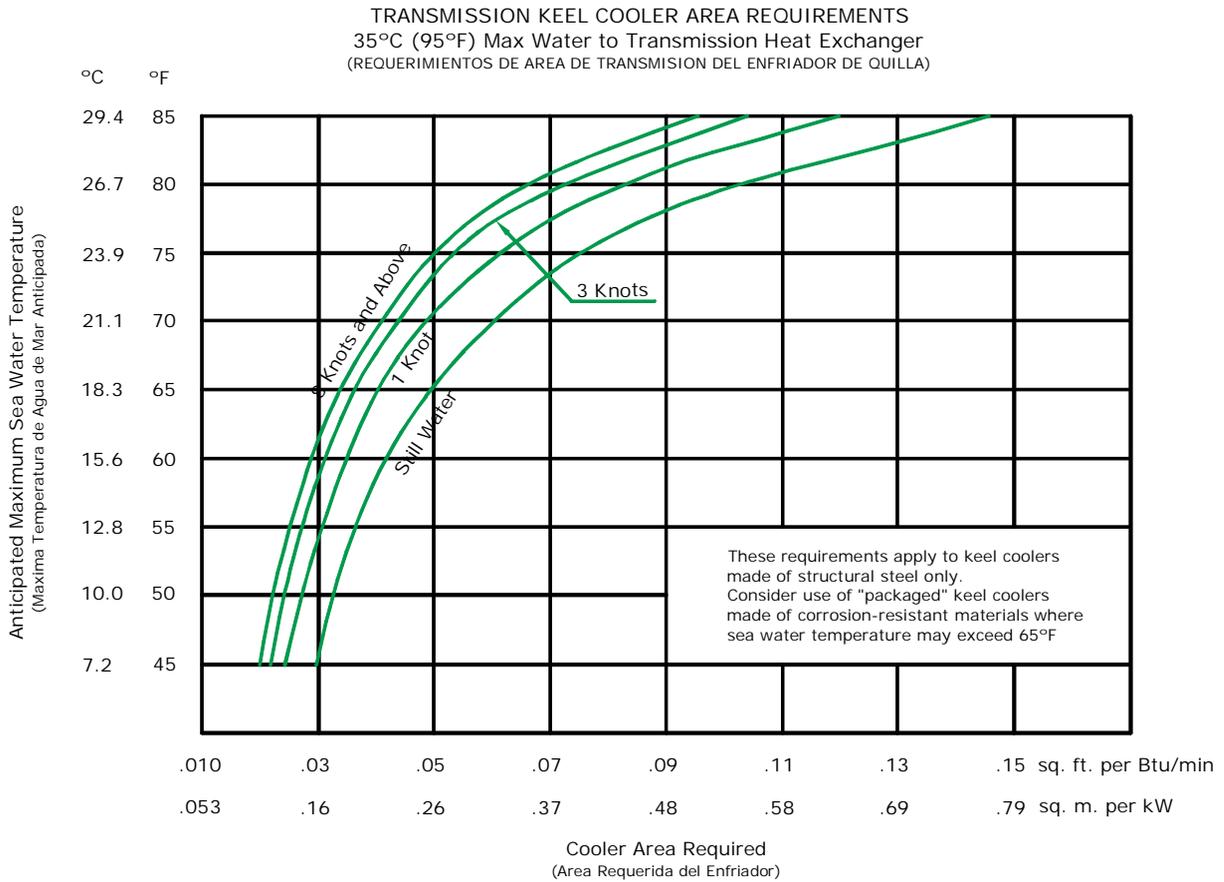


fig 1.2.12

1.2.1.2.1 Consideraciones de diseño e instalación:

Velocidad de agua dentro del enfriador:

Si el flujo de agua circulando dentro del enfriador de quilla pasa muy rápido (mas de 2.5 m/seg), los componentes interiores pueden deteriorarse (por erosión), particularmente cercano a las entradas y salidas del manifold, codos y otras discontinuidades existentes por donde circule el agua.

Si el flujo de agua dentro del enfriador de quilla pasa muy lento (menos de 0.6 m/seg), las partículas de moho, arena entre otras, van a tener la posibilidad de posarse, produciendo así, una obstrucción al flujo normal de circulación, degradando la transferencia de calor. Se recomienda usar el siguiente procedimiento para obtener un patrón de flujo a través del enfriador de quilla.

- Determine el máximo y mínimo flujo de agua de circulación a través del enfriador de quilla esperado. Esto puede ser determinado por los datos de la bomba de circulación acoplada del motor.
- Reste el mínimo de flujo de agua de circulación esperada del máximo.

- Multiplique el resultado de la diferencia anterior por 2/3. Luego sume 2/3 del resultado de la diferencia obtenida del paso anterior al flujo mínimo. Ésta sería una aproximación muy parecida al flujo de circulación real¹.
- Luego determine el área de la sección de un pasaje del enfriador de quilla. Esto puede ser realizado consultando al fabricante, o en una referencia ingenieril de formas de vigas estructurales, cañerías, ángulos, etc.
Utilice un buen factor de conversión para convertir las unidades de flujo a m³/min, y la sección del pasaje en m².
- Divida el flujo de agua obtenido entre el área de la sección transversal del pasaje del enfriador de quilla.
- El resultado de la división será la velocidad promedio de flujo a través de los pasajes del enfriador de quilla. Si esta velocidad es mayor que 2.5 m/seg, se deberá configurar el flujo en paralelo, para que pase por 2 o más pasajes del enfriador de quilla a la vez (fig 1.2.15 y fig 1.2.16). Si la velocidad a través del pasaje del enfriador de quilla es menor de 0.6 m/seg, se deberá usar un enfriador de quilla con pasajes de sección transversal menor.

Uso de insertos de quilla para mejorar la velocidad local de flujo:

En la mayoría de las construcciones se utilizan, por razones económicas, vigas tipo C de acero estructural para pasajes de enfriador de quilla, debido a que por su gran área de sección transversal hace que disminuya el flujo de agua y haga más efectiva la transferencia de calor (fig 1.2.13). Es recomendable en esta situación utilizar “insertos” en el enfriador de quilla. Los insertos de enfriador de quilla consisten en elementos que pueden causar variaciones en velocidades locales o turbulencia en un pasaje de enfriador de quilla. Se requiere un régimen turbulento en la zona del enfriador de quilla, debido a que hace más eficiente la transferencia de calor comparándola con un flujo de régimen laminar. La ubicación de estos insertos, por ende, estará en los pasajes del enfriador de quilla por el lado de circulación de agua dulce. Existen muchos diseños de estos insertos, que cumplen con el fin de garantizar un régimen turbulento a través de los pasajes de un enfriador de quilla (fig 1.2.13). Un diseño efectivo para estos insertos, consiste introducir una especie de escala a todo lo largo del pasaje del enfriador de quilla. Utilizando la misma aleación de metal que la del casco y el enfriador de quilla², se deben fabricar las partes verticales de la propia escala³ y pletinas escalonadas⁴. La parte transversal de la pletina

¹ Para consideraciones de diseño, así se calcula aproximadamente el flujo de agua dentro de un enfriador de quilla. Depende mucho del dimensionamiento de conexiones y cañerías de enfriamiento.

² Para su protección contra corrosión galvánica

³ Aproximadamente 6mm de diámetro

⁴ Aproximadamente de la misma forma, pero 70% menor que el área de la sección transversal del pasaje del enfriador de quilla.

no debe restringir el paso de fluido en los pasajes del enfriador de quilla, sino simplemente re-direccionar el flujo, para evitar el flujo laminar debido a la muy baja velocidad promedio de circulación. Luego se debe insertar la escala dentro de los pasajes del enfriador de quilla y soldar el final y el principio.



fig 1.2.13. Enfriadores de quilla tipo estructurales (Vigas tipo C)

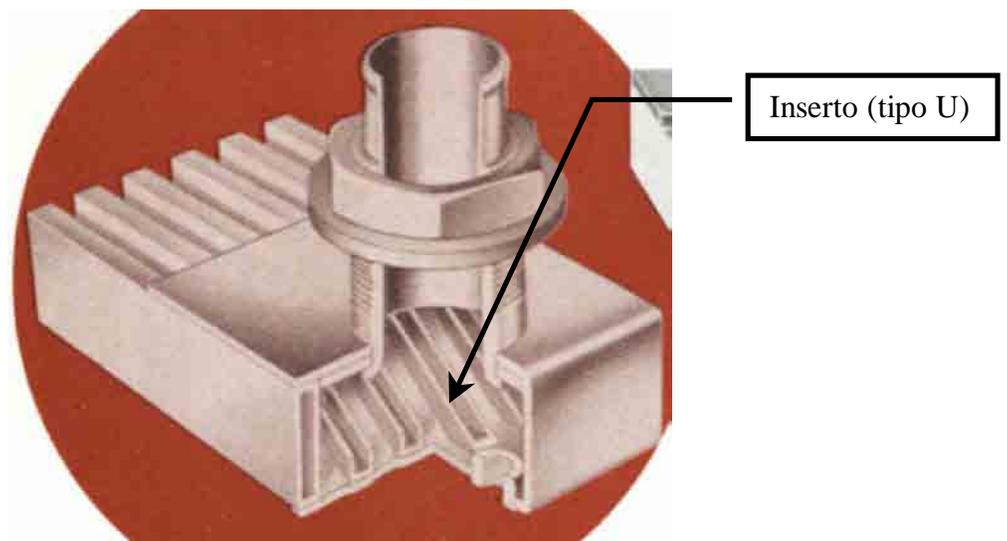


fig 1.2.14 Ejemplo de insertos en enfriador de quilla.

Dirección de flujo a través (por el interior) del enfriador de quilla:

El líquido refrigerante del motor debe circular a través del enfriador de quilla de popa a proa. Este flujo encontrado con el agua de mar, aumenta significativamente la eficiencia en la transferencia de calor (fig 1.2.15). Esto es raramente práctico de implementar debido a que el flujo debe ser dividido a través de los varios pasajes del enfriador de quilla (fig 1.2.16). Si el flujo es dividido a través de muchos pasajes, la velocidad se torna muy lenta para mantener un régimen turbulento, y esto reduce la transferencia de calor. La mejor manera es multiplicar el flujo de agua dulce a través del enfriador, en el mayor número posible de pasajes existentes en el enfriador sin que se torne muy lento, y acomodarlo a un sentido de popa a proa del buque. (fig 1.2.17)

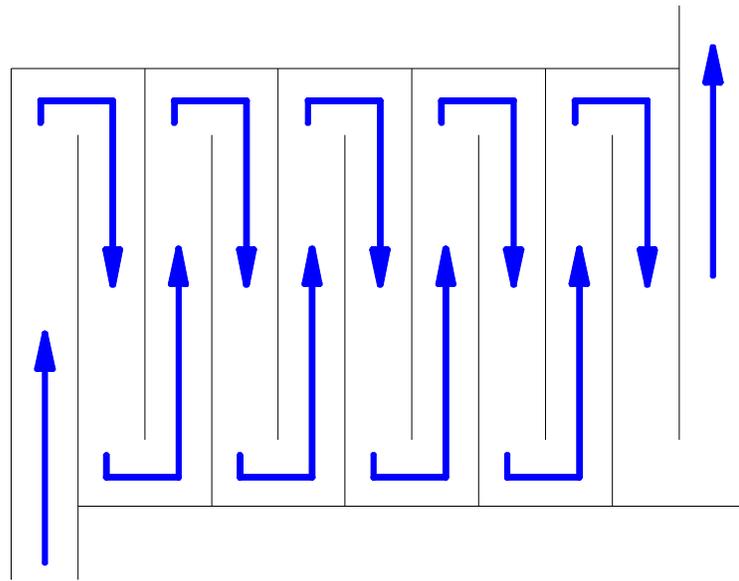


fig 1.2.15 Flujo único sin dividir en pasajes de enfriador de quilla

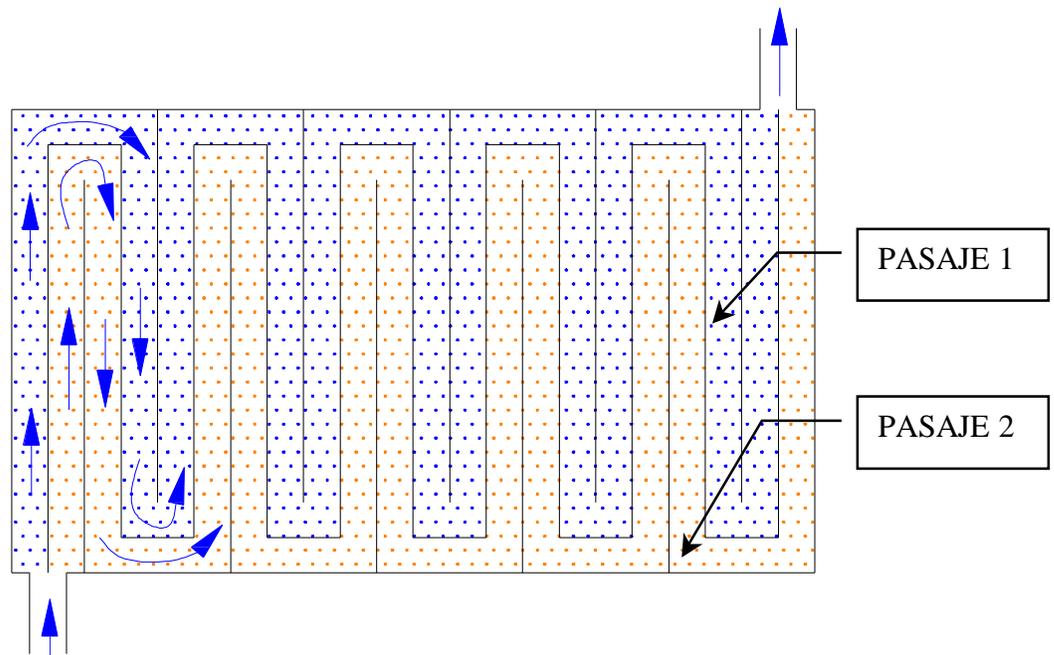


fig 1.2.16 Flujo dividido en dos pasajes a través del enfriador de quilla.

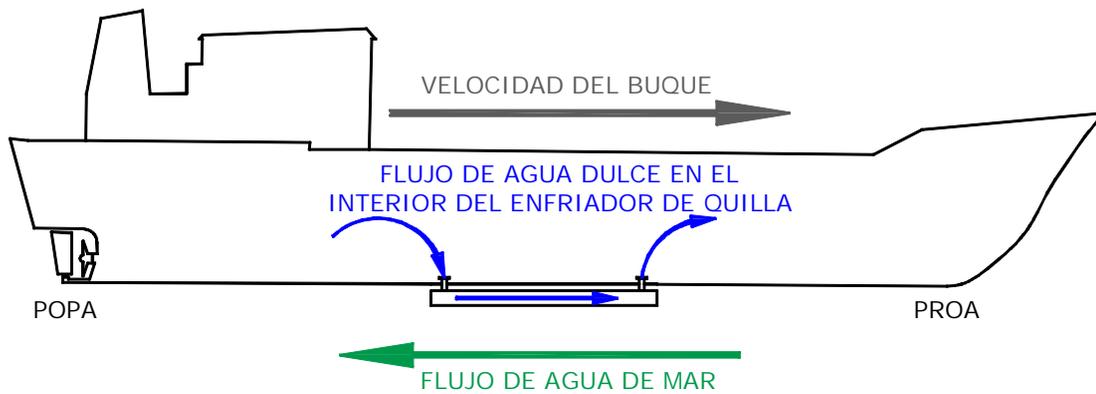


fig 1.2.17 Dirección de circulación de agua a través del enfriador de quilla.

Filtros y Mallas de paso:

Los enfriadores de quilla tipo estructurales, requieren de la instalación de filtros entre el enfriador y la entrada a la bomba (succión). Materiales como escoria de soldadura, productos de corrosión, deben ser retirados del sistema para prevenir el desgaste y daños en los componentes del sistema. Se debe usar un filtro de paso continuo para remover las partículas pequeñas y sedimentos. El tamaño del filtro debe estar entre 20 a 50 micrones. El caudal de circulación no debe exceder los 20 L/min de flujo a través de estos filtros.

Las mallas para flujo máximo del sistema son aconsejables. Al igual que los filtros de paso, las mallas, también son ubicadas entre la bomba de succión y el enfriador, y su principal diferencia es solamente el tamaño de los orificios. Los orificios de la malla no deben ser mayores a 1.6 mm para uso de circuito cerrado de agua de dulce. Se deben arreglar de manera que tengan configuración duplex. Se debe colocar un manómetro antes y después de la malla, para saber cuándo necesita servicio de mantenimiento. Las mallas y filtros no deben oponer más de 0.1 bar de resistencia al flujo.

La diferencia principal entre estos dos elementos, es el tamaño de partículas que quedan atrapadas en ellos, por lo tanto debemos instalar las mallas antes (con respecto a la dirección del flujo) de los filtros de manera que las partículas mayores queden atrapadas en las mallas y las partículas más pequeñas queden atrapadas en los filtros.

1.2.1.2.2 Enfriadores de quillas tipo caja:

Los enfriadores de quilla tipo caja son enfriadores adquiridos en el mercado y luego apertados en la parte de la obra viva del buque. Existe una gran variedad de estos enfriadores. Generalmente están hechos de aleaciones de cobre y níquel que inicialmente son tóxicas para la adición de fauna marina. Ésta es una de las principales ventajas. Otra importante ventaja, es que son compactos y menos pesados comparados con los enfriadores de quilla de tipo estructural. Es muy común encontrar diferencias entre estos enfriadores de hasta un 20% de superficie de intercambio de calor mayor que de los enfriadores fabricados y soldados al casco. (fig 1.2.18)

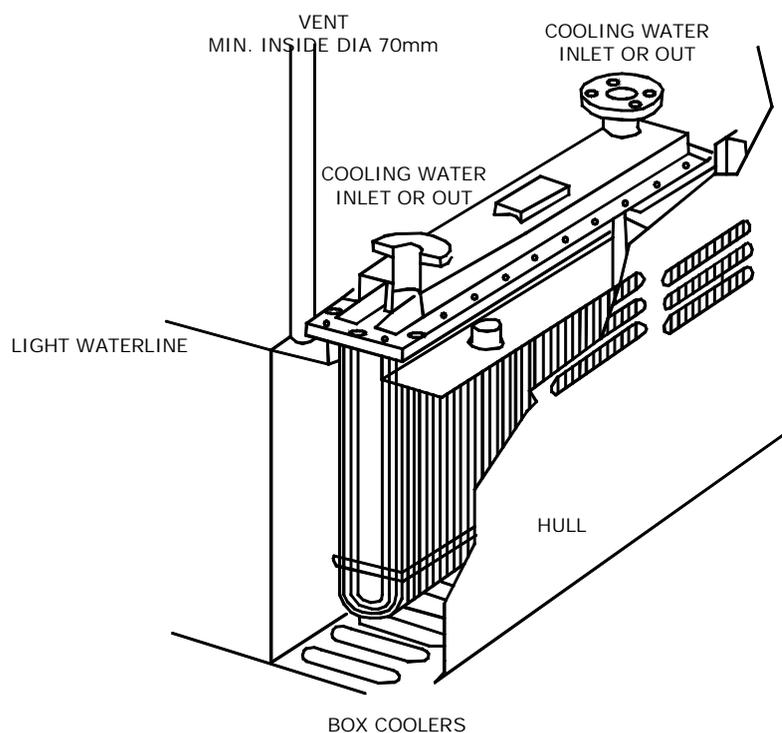


fig 1.2.18

El correcto dimensionamiento de enfriadores de quilla tipo caja:

Los fabricantes de estos enfriadores publican guías a sus clientes que permiten determinar el adecuado tamaño de enfriador a utilizar para condiciones específicas. Es confidencial para cada fabricante el método de cálculo de ellos, y las consultas pertinentes se hacen directo con el cliente.

Caterpillar ofrece una guía para efectuar una orden de compra de un enfriador de quilla de paquete de acuerdo a su página de trabajo, donde se muestran los diferentes parámetros a tener en consideración en una decisión como esta. (fig 1.2.19)

Packaged Keel Cooler Sizing Worksheet

Engine Jacket Water Circuit:

- 1. Jacket water heat rejection* _____ kW (Btu/min)
- 2. Jacket water flow* _____ L/s (Gpm)
- 3. Vessel speed classification
 - 8 knots & above
 - 3 knots
 - 1 knot
 - still water
- 4. Anticipated seawater maximum temperature _____ °C (°F)

Aftercooler Water Circuit:

- 1. Aftercooler circuit heat rejection* _____ kW (Btu/min)
- 2. Aftercooler circuit water flow* _____ L/s (Gpm)
- 3. Vessel speed classification
 - 8 knots & above
 - 3 knots
 - 1 knot
 - still water
- 4. Anticipated seawater maximum temperature _____ °C (°F)

*Refer to TMI (Technical Marketing Information)

fig 1.2.19

Localización de los enfriadores de quilla en el casco:

La localización de los enfriadores de quilla depende mucho de las formas particulares de la obra viva del buque. Esta localización se debe efectuar tomando en cuenta las consideraciones que vamos a mencionar. Se deben evaluar todas las consideraciones de servicio y diseño para ubicar correcta y adecuadamente un enfriador de quilla.

Los enfriadores de quilla deben colocarse en una parte protegida del casco. Es particularmente cierto que algunos enfriadores de quilla tipo caja son fabricados de materiales estructuralmente mas débiles que los enfriadores de quilla tipo estructurales o que forman parte del casco.

También es cierto que la región cerca de la parte delantera de la hélice es una zona favorable para colocar un enfriador de quilla, debido a su gran velocidad de circulación de agua, y su protección contra golpes del buque. Pero hay que tener en cuenta la consideración que durante maniobras de retroceso es posible que ocurran incrustaciones de arena en los enfriadores de quilla.

Tomando en consideración estos puntos, se recomienda ubicar los enfriadores de quilla en la zona del buque donde sea más constante su sección transversal (cuerpo central del buque), alejado de la zona de hélices y lo mejor protegido posible en cuanto a forma de casco se refiere.

Bombas de los circuitos de enfriadores de quilla:

Generalmente una bomba acoplada al motor hace circular satisfactoriamente el agua de chaqueta del circuito a través del enfriador de quilla, si es que el sistema de cañerías desde y hasta el enfriador no son muy largas no presentan codos ni desviaciones. Si la bomba acoplada al motor, no es capaz de levantar más presión que la de oposición al flujo del circuito, debe añadirse otra bomba que sea capaz de ello (generalmente una bomba de accionamiento eléctrico)

Necesidad de un inhibidor de corrosión:

Generalmente se le ponen aditivos al líquido refrigerante del circuito para minimizar las corrosiones internas que se puedan generar.

Ventilación y cañerías del enfriador de quilla:

Se debe colocar el enfriador de quilla y el motor a la distancia más cercana posible, evitando puntos muy altos, y largos inadecuados de cañerías.

El enfriador de quilla debe tener una correcta ventilación o drenaje del aire. En algunos enfriadores, es muy difícil sacar el aire atrapado en zonas particulares, para esto se debe preocupar de sacar todo el aire interno en el circuito una vez terminada su construcción y cada vez que se drene el agua.

Se deben añadir conexiones especiales para venteo en la parte más a popa y más a proa posible, en la parte más alta del circuito y en otras partes de consideración del diseñador.

1.2.1.3 Directo por circulación de agua versus aire a través de un radiador.

En el sistema de enfriamiento por radiador, el agua caliente proveniente de la chaqueta del motor, circula a través del núcleo del radiador, donde es enfriado por aire empujado o succionado por un ventilador a través de las aletas de enfriamiento. El agua enfriada luego es enviada nuevamente a través del motor, por una bomba acoplada al motor mismo.

Este sistema se utiliza para enfriar motores que se necesitan instalar sobre la línea de agua del buque, o para generadores de emergencia que requieren sistemas completamente independientes del propio buque.

Dimensionamiento del Radiador:

Como todo sistema de enfriamiento, los radiadores deben ser dimensionados para un mínimo de 10% más de los datos obtenidos del balance térmico del motor en su máxima potencia. Esto permite situaciones de sobrecargas y deterioración del sistema. Este 10% debe ser añadido DESPUES de hacer un cuidadoso cálculo de tamaño de radiador en concordancia a la máxima transferencia de calor (en la condición de máxima potencia) a la máxima temperatura ambiente posible. Hay que tener en cuenta que los radiadores no funcionan correctamente cuando operan en alturas (debido a las posibles pérdidas por fugas generadas por grandes presiones por columna de agua a que pueden llegar estar sometidos) o cuando son llenados con líquidos anticongelantes. Estas condiciones están tomadas en cuenta en el 10% que hablamos antes.

Radiadores con ventiladores acoplados del motor:

Algunos motores pueden ser ordenados de acuerdo a los fabricantes de motores con este tipo de ventiladores. Se deben tener en cuenta las consideraciones de operación del buque, debido a que los motores son diseñados a una temperatura máxima ambiente específica (de 40°C a 45°C). Si a la temperatura ambiente a la que va estar sometido el motor es mayor, debe indicarse para colocar un enfriador más grande.

La Mayoría de los ventiladores utilizan acoplamientos elásticos en su eje de rotación para prevenir posibles grandes esfuerzos provenientes desde el cigüeñal y resistir vibraciones.

Presión del sistema de radiador:

Dependiendo del fabricante del motor a utilizar, el sistema utilizará presiones específicas. Por ejemplo, para un sistema de enfriamiento por radiador Caterpillar, está diseñado para trabajar bajo una presión de 27.6-48.3 kPa (4-7 PSI) para evitar la evaporación del líquido refrigerante y permitir una mejor transferencia de calor.

Radiadores montados a distancia:

En instalaciones donde es necesario localizar el radiador a distancia con respecto al motor, por ejemplo en otra sala, en una cubierta a intemperie, etc. se requiere de un especial cuidado, debido a que por efectos de cañerías aumenta considerablemente la oposición al flujo del sistema, y requiere generalmente de una bomba que levante más presión. (fig 1.2.20)

La altura de estos radiadores sobre el motor principal no debe ser mayor de 10m. Recordemos que a mayor altura la columna de agua puede causar daños en los sellos de la bomba.

Cuando los radiadores son montados bajo el motor principal, un tanque de expansión del fabricante debe ser usado, porque el tanque propio del radiador pierde su capacidad de venteo al estar por debajo del nivel de la válvula termostática.

Ruido:

Cuando vamos a seleccionar la ubicación del radiador, se debe considerar el ruido del ventilador. El ruido puede ser transmitido desde la entrada del aire o la salida. Para prevenir ruidos extremos, se debe considerar colocar conexiones flexibles entre el radiador y los ductos de cañerías.

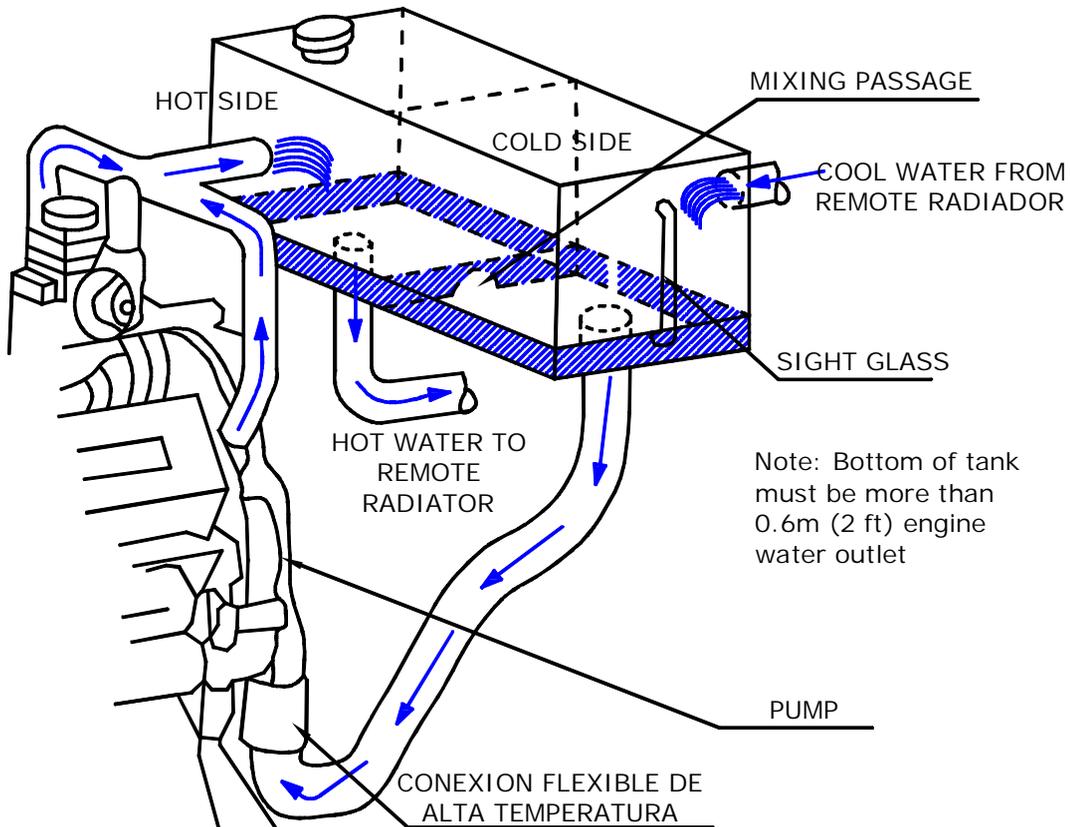


fig 1.2.20

Dirección del Viento:

Debemos considerar la dirección principal del viento en la instalación del radiador. El viento no puede actuar en contra del ventilador. Para evitar este problema, se puede instalar un ducto de ventilación en la sala, para así dirigir el flujo y dirección del aire.

Se deben usar ductos con grandes radios de giro y codos, para evitar la turbulencia y restricción al flujo del aire.

Ventilación:

Las cañerías de este sistema que contengan líquido refrigerante deben tener una inclinación continua hacia arriba para garantizar la separación de los gases del líquido refrigerante y que sea venteado al tanque del radiador.

Recirculación:

Se debe tener cuidado que los gases de escape del motor no entren al radiador. Además los radiadores deben estar dispuestos de tal manera que su salida no interfiera con la entrada de otro radiador. También para una máxima eficiencia, el flujo del aire del ventilador no debe estar en contra de la dirección de vientos de navegación.

Cuando hay radiadores montados en un motor y éste se encuentra localizado en la sala de generadores, en la mitad de la sala, por ejemplo, se puede colocar un ventilador o soplador con un ducto para obligar al flujo de aire ya utilizado para enfriar el radiador, a tomar dirección hacia fuera de la sala. Esto previene la recirculación de aire y las altas temperaturas de equipos en la sala. Este conducto debe ser lo más corto y recto posible, y su área de sección transversal debe ser de igual o mayor tamaño al del radiador para minimizar presiones de retorno. (fig 1.2.21 y fig 1.2.22)

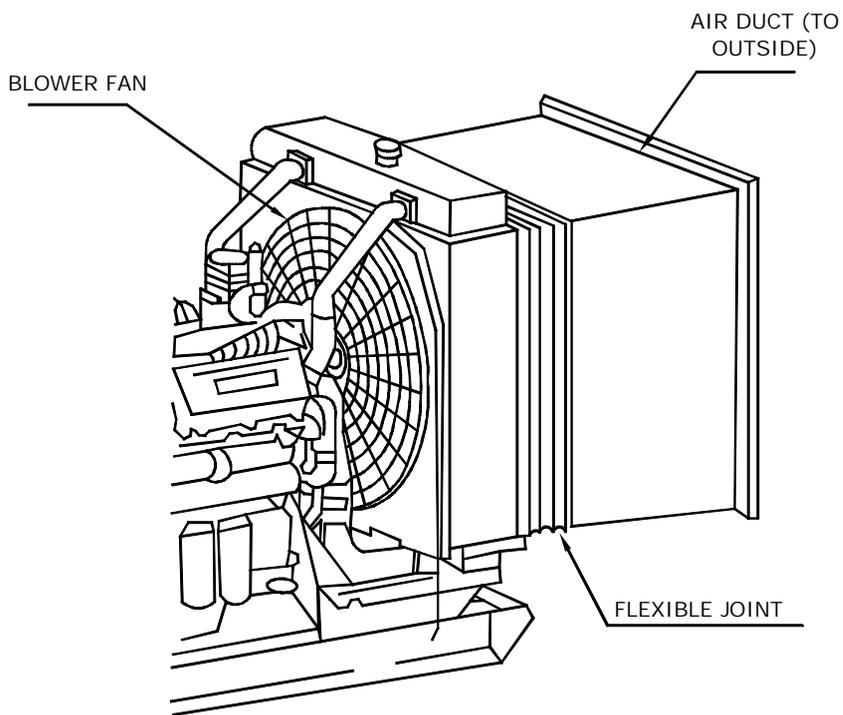


fig 1.2.21

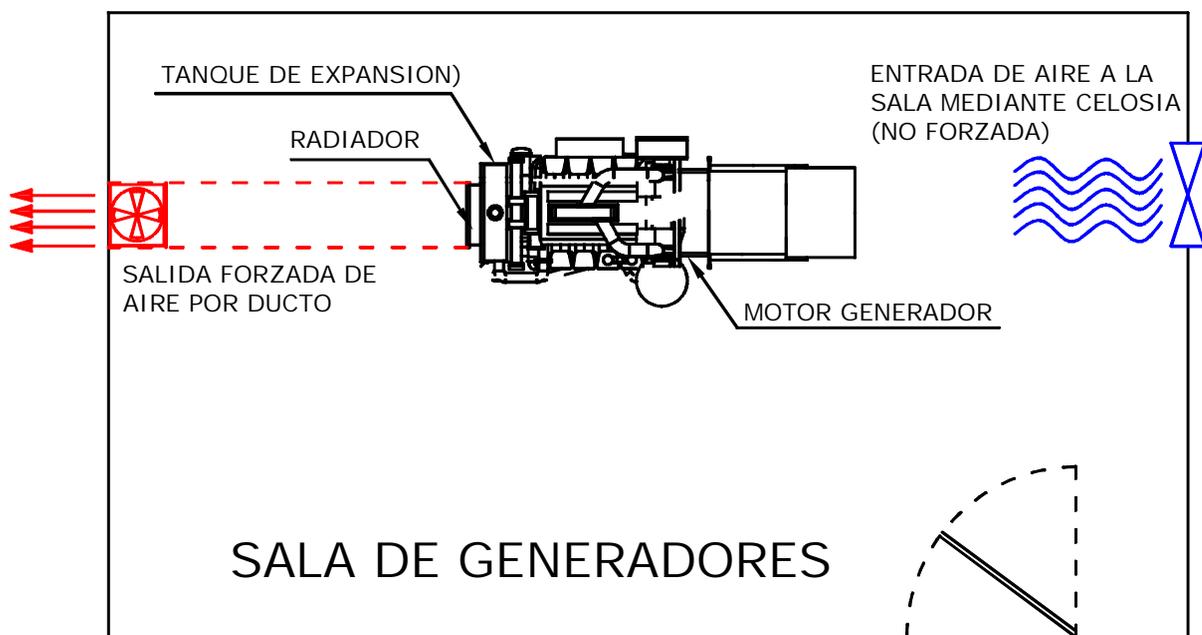
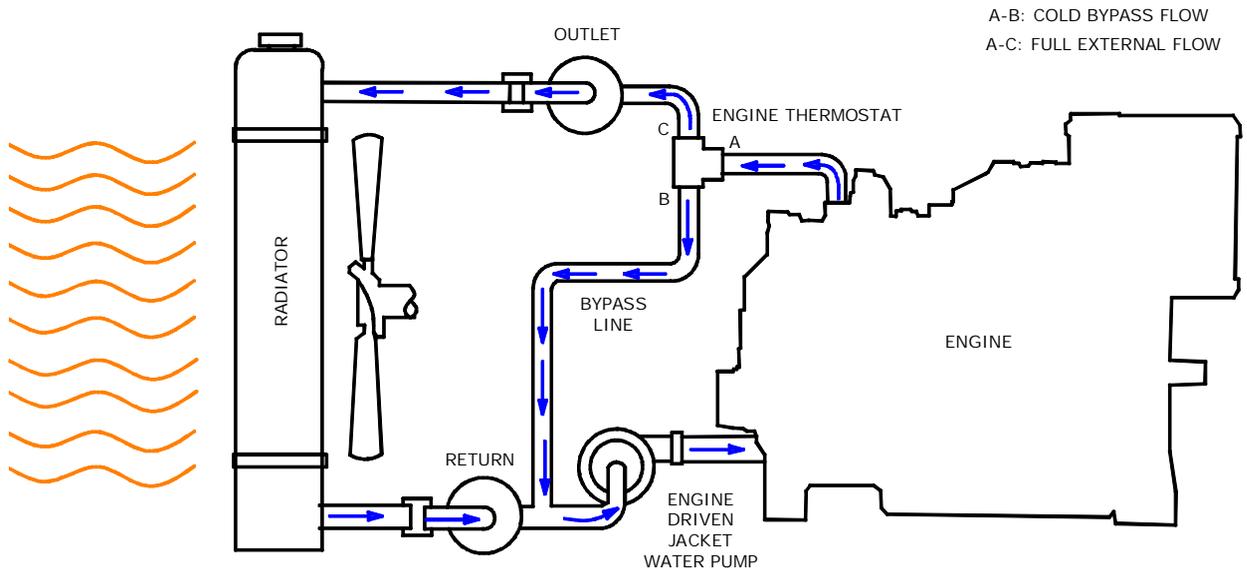


fig 1.2.22

Ej. Sistema con radiador y control termostático de salida (fig 1.2.23 y fig 1.2.24)



-RADIATOR-
CONTROLLED OUTLET THERMOSTATS

fig 1.2.23

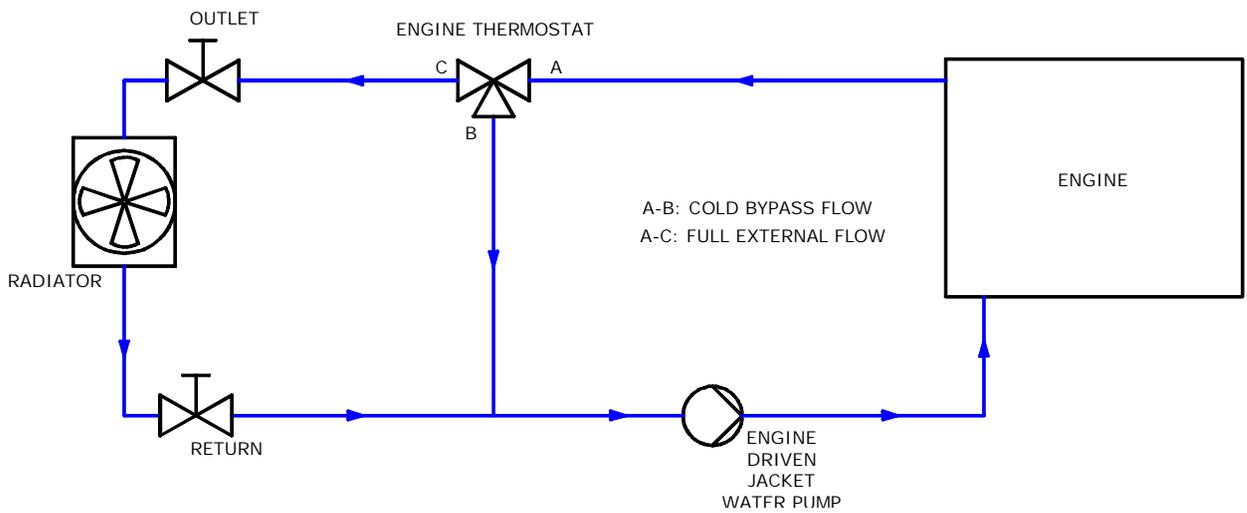


fig 1.2.24

1.2.2 Dentro de los sistemas de enfriamiento indirecto tenemos:

1.2.2.1 Enfriamiento indirecto por circulación de agua dulce versus agua de mar a través de un intercambiador de calor.

1.2.2.1.1 Sistema de intercambiadores de calor para agua de chaqueta

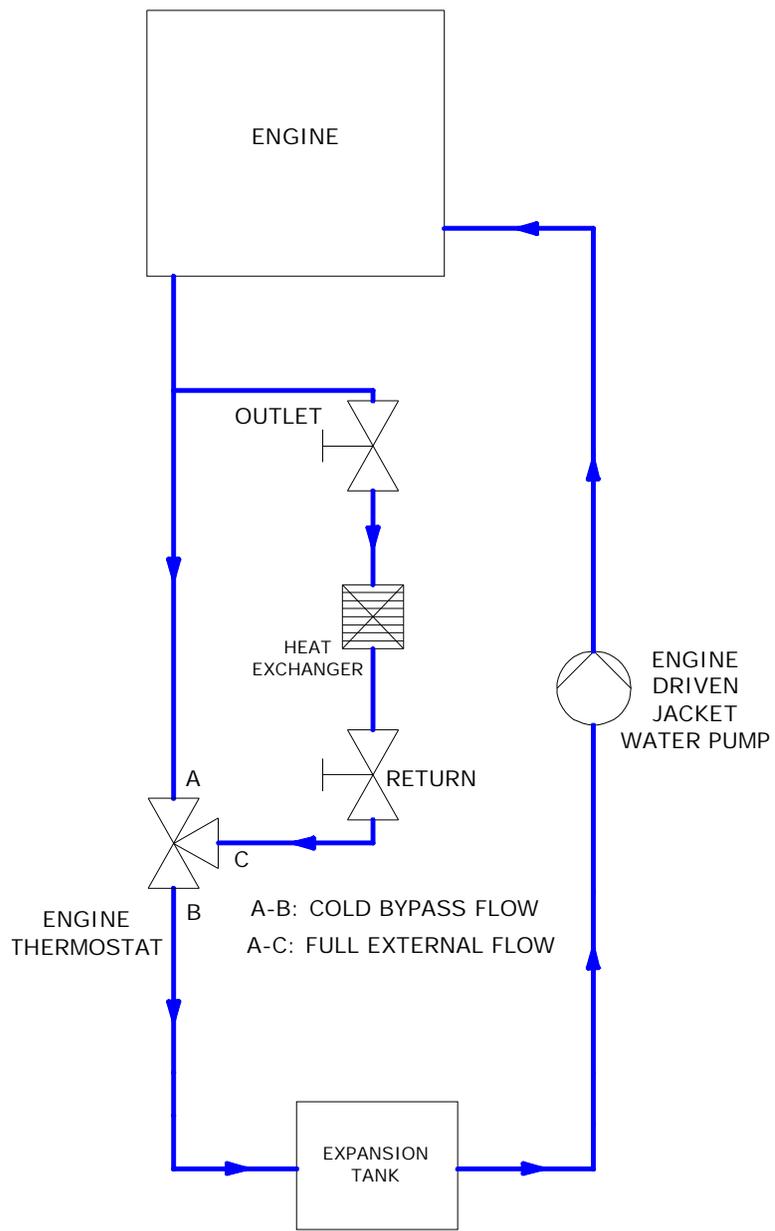
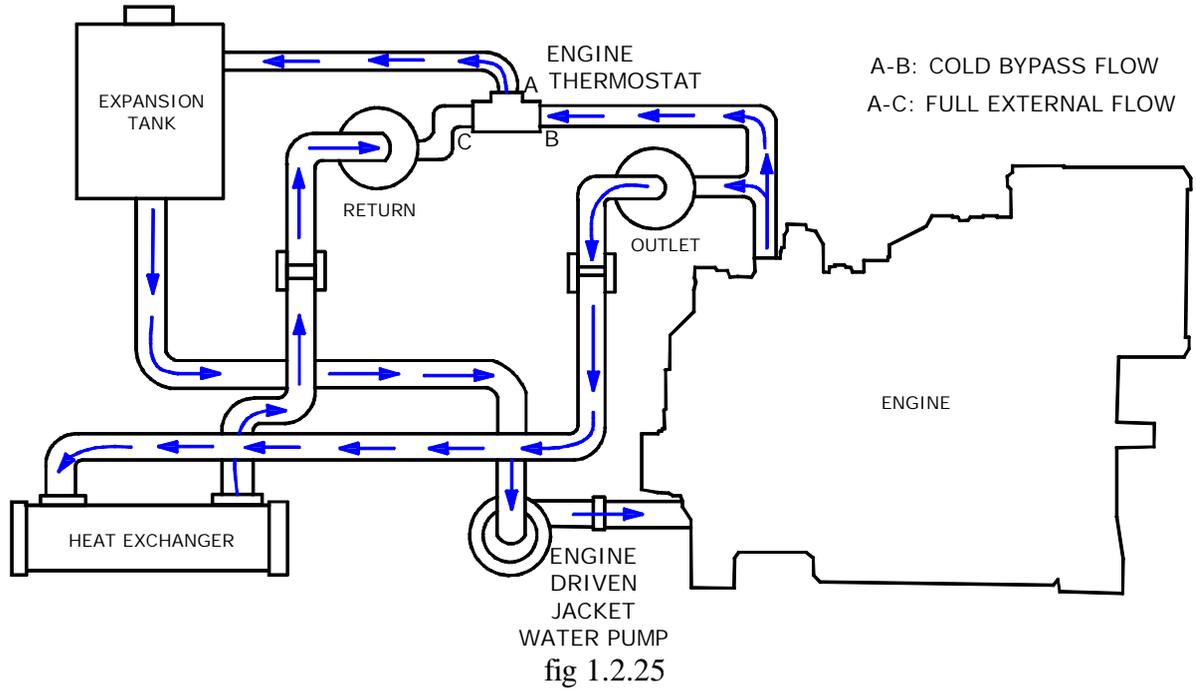
Los intercambiadores de calor pueden estar localizados en la estructura del motor o fuera de ella. Los intercambiadores de calor que están localizados en la estructura del motor requieren de menos cantidad de cañerías y adaptaciones. En cambio los intercambiadores ubicados fuera del motor requieren de mayor cantidad de cañerías.

Estos sistemas también utilizan un regulador de temperatura de agua (termostato) y una línea hacia el intercambiador de calor para regular la temperatura de operación. (fig 1.2.25 y fig 1.2.26)

El regulador dirige parte o totalmente el flujo del agua de chaqueta del motor hacia el enfriador. El resto es dirigido por la línea hacia el tanque de expansión (en sistemas de intercambiadores de calor, o sistema de enfriamiento por quilla) y desde allí el flujo continúa hacia la aspiración de la bomba de agua de chaqueta la cual finalmente descarga el agua a la temperatura adecuada hacia el motor.

Dependiendo del motor y su configuración, los termostatos pueden ser de controladores de entrada o controladores de salida. Sus diferencias no son mas que la posición donde van ubicados estos sensores en el circuito, siendo así los controladores de entrada los ubicados en la entrada del agua de chaqueta al motor principal, y los de salida en la salida del agua de chaqueta del motor principal. La temperatura de operación del agua de chaqueta va a ser siempre la misma cualesquiera sea el sistema, si es que el termostato está ajustado de manera igual o similar en ambos sistemas.

En cualquiera de los dos sistemas de termostatos (controladores de entrada o controladores de salida) el lugar de instalación de la válvula de termostática de agua de chaqueta (y por ende el control del by-pass) estará siempre en la salida del agua chaqueta del motor principal.



Creando una analogía, el tanque de expansión y el intercambiador de calor hacen la misma función que el radiador. En el sistema de radiador, un ventilador de radiador suministra flujo de aire dentro de las aletas de enfriamiento dentro del propio radiador para transferir el calor del refrigerante al aire. De manera similar, en el sistema de tanque de expansión e intercambiador de calor un externo suministro de agua (proveniente del intercambiador de calor) es usado para que logre esta transferencia de calor.

El sistema de control de temperatura de entrada provee menos variación de temperatura en el ciclo completo, por que la mezcla del agua de chaqueta proveniente del motor por la línea hacia el tanque de expansión y el agua ya enfriada en el tanque de expansión, ocurre antes que pase por la bomba de agua de chaqueta. El volumen de agua dentro del tanque de expansión homogeniza suavemente el rango de cambio de temperatura.

Con el sistema más simple de control de temperatura, la mezcla ocurre en la entrada a la bomba de agua de chaqueta y el rango de cambio de temperatura puede ser más drástico y repentino. (fig 1.2.27)

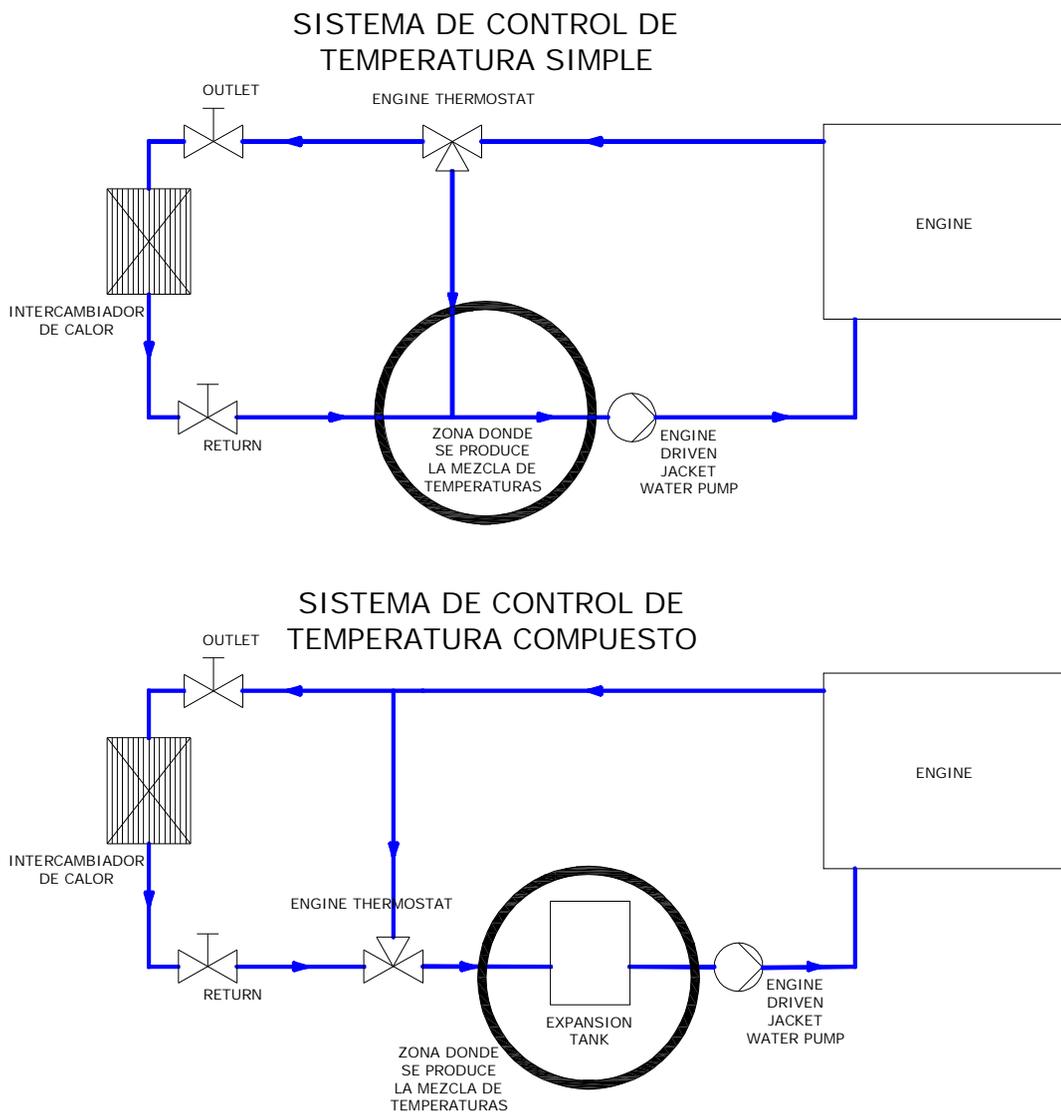


fig 1.2.27

1.2.2.2 Enfriamiento central de motores (Central Cooling System)

Un sistema central de enfriamiento de motores, como se aprecia en el esquema más adelante (fig 1.2.28), es definido como aquel que enfría múltiples motores y combina muchos componentes de sistemas individuales (bombas, intercambiadores de calor) y lo hacen parte de un sistema central. Existen ventajas económicas para estos sistemas.

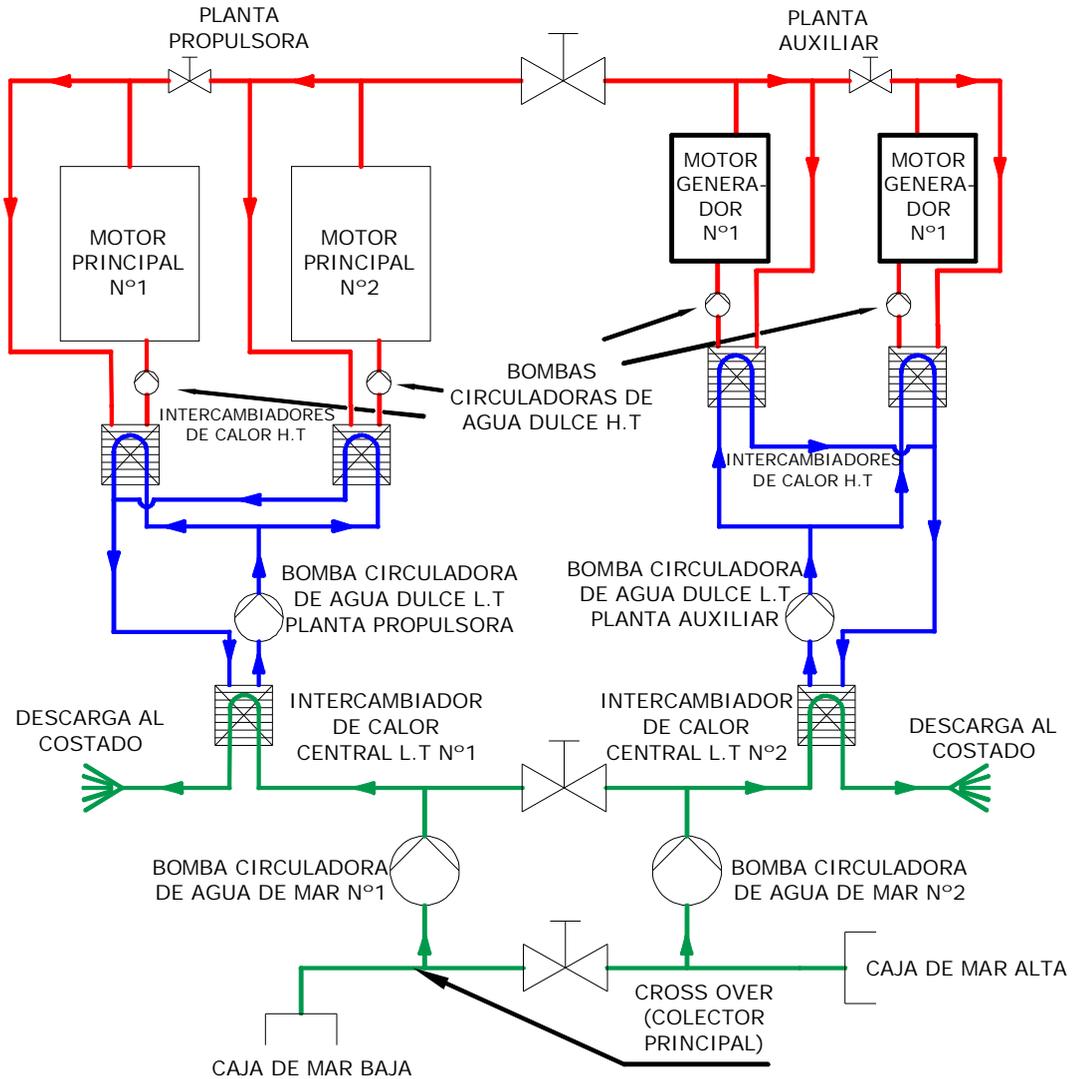


fig 1.2.28

Ventajas de un sistema central de enfriamiento:

Entre las ventajas que pueden existir en la utilización de este sistema en un buque, podemos mencionar:

- El número de cañerías que se tiene que instalar es menor, con lo que se reduce notablemente la mano de obra necesaria para instalar este tipo de sistema.
- Por ende el menor número de componentes supone un costo más bajo de aprovisionamiento, inventario y mantenimiento.

- Reduce las necesidades de limpieza de los equipos
- Da mayor confianza y se puede utilizar en sala de máquinas con poco personal

Desventajas de un sistema central de enfriamiento:

Es muy difícil diagnosticar problemas en sistemas así, debido a que existen muchos modos de operación posibles.

A continuación enumeraremos algunas consideraciones en el diseño de estos sistemas.

Control de caudal:

Existen niveles límites altos y bajos permisibles de caudal a través de un motor principal. El sistema debe ser capaz de controlar el caudal a través de cada motor por separado.

Control de Temperatura:

El intercambiador de calor debe ser capaz de entregar el suficiente enfriamiento proporcional a la carga del motor.

Control de Carga:

El caudal de circulación de agua a través de un motor, es directamente proporcional a la carga del motor. Cuanto mayor es la carga, mayor será el caudal necesitado para enfriar este motor. En cargas menores, la temperatura del motor se controla por un by-pass entre el motor principal y la línea principal, haciendo recircular virtualmente el líquido refrigerante a través del motor.

Si la presión de agua de llegada al motor por el sistema de enfriamiento central es muy alta, la propia operación de los controles de temperatura del motor puede ser corrompida, y el motor puede sufrir sobre calentamiento o sobreenfriamiento. Es bien difícil adecuar un balance y control del flujo a través de varios motores, y más aun cuando operan a cargas distintas todos. (fig 1.2.29).

La presión de entrada del agua de chaqueta del motor no debe ser permitida a más de 172kPa (25 PSI). Factores económicos hacen que diseñadores utilicen presiones mayores de la permitida, y es un gran error porque incurren en un daño significativo en la vida útil de los sellos de las bombas de agua.

Running	Engine Load	Maintenance Condition	Redundary Required for Reliability
Yes	High	Operational shutdown for maintenance but still connected to the system	In the heat exchanger
No	Intermediate		In the interconnecting plumbing*
	Low	Overhaul in process, disconnected from the system	In the pump(s) and their controls/switchgear

* In areas of severe marine growth problems, it is a good idea to have two parallel sets of plumbing so that one set can be in process of being cleaned at any given time.

fig 1.2.29

Sugerencias para el diseño de un exitoso sistema central de enfriamiento:

Se debe mantener el agua de chaqueta de cada motor de manera independiente de los demás. Los controles de carga de motores no son económicamente fáciles de resolver.

Se debe usar intercambiadores de calor de manera separada para cada motor, para enfriar el agua de chaqueta.

Se debe proveer un anillo principal para el agua de chaqueta, que haga circular el agua por al menos 2 bombas en paralelo. Una tercera bomba debe quedar de reserva para mantener la operación cuando cualquiera de las dos principales es dañada. Cada bomba debe ser idéntica para efectos de reemplazos de partes y piezas. El anillo principal es la principal fuente de abastecimiento del enfriamiento independiente de cada motor. Cada motor debe tener una bomba acoplada auxiliar. Esta bomba es la encargada de llevar el agua desde el anillo principal al motor y traerla devuelta.

Resistencia al flujo:

El total de resistencia al flujo del sistema debe ser determinado para garantizar una adecuada circulación.

La resistencia al flujo es determinada de acuerdo al tamaño y cantidad de cañerías, conexiones, y otros componentes existentes en el tramo del sistema de enfriamiento que no incluye el motor. A medida que la resistencia aumenta, el flujo de la bomba disminuye.

La resistencia externa impuesta en la bomba, incluye tanto la resistencia al flujo a través del tramo fuera del motor principal como el del tramo que pasa dentro del motor principal.

La resistencia al flujo de un sistema de enfriamiento cerrado, consiste solamente en la pérdida por fricción. En cambio la resistencia al flujo de un sistema de enfriamiento abierto, no depende solamente de la pérdida por fricción, sino también de la altura de la succión, y las alturas de la descarga.

Existen curvas disponibles que muestran el caudal de agua versus la presión del sistema entregada por la bomba.

Cuando diseñamos circuitos de enfriamiento, debemos calcular la pérdida de presión del sistema, sumando la pérdida de cada uno de sus componentes para este cálculo. Estas pérdidas están en tablas, y los proveedores de cada componente deben entregarlas.

Siempre es recomendable, evaluar los parámetros de diseño e instalación de los circuitos de enfriamiento probando la efectiva operación del sistema una vez completada su construcción, para asegurar el adecuado funcionamiento y vida útil.

A continuación se muestran tablas útiles para el diseño de cañerías: (fig 1.2.30 a 1.2.34)

TABLES USEFUL TO DESIGNERS OF COOLING SYSTEMS									
Pipe Dimensions - Standard Iron Pipe									
Nominal Size		Actual I.D.		Actual O.D.		ft/gal	m/L	ft/cu ft	m/cu m
In.	mm	In.	mm	In.	mm				
0,125	3,18	0,270	6,86	0,405	10,29	336,000	27,000	2513,000	27049
0,250	6,35	0,364	9,25	0,540	13,72	185,000	16,100	1383,000	14886
0,375	9,53	0,494	12,55	0,675	17,15	100,400	8,300	751,000	8083
0,500	12,70	0,623	15,82	0,840	21,34	63,100	5,000	472,000	5080
0,750	19,05	0,824	20,93	1,050	26,67	36,100	2,900	271,000	2917
1,000	25,40	1,048	26,62	1,315	33,40	22,300	1,900	166,800	1795
1,250	31,75	1,380	35,05	1,660	42,16	12,850	1,030	96,100	1034
1,500	38,10	1,610	40,89	1,900	48,26	9,440	0,760	70,600	760,000
2,000	50,80	2,067	52,50	2,375	60,33	5,730	0,460	42,900	462,000
2,500	63,50	2,468	62,69	2,875	73,03	4,020	0,320	30,100	324,000
3,000	76,20	3,067	77,90	3,500	88,90	2,600	0,210	19,500	210,000
3,500	88,90	3,548	90,12	4,000	101,60	1,940	0,160	14,510	156,000
4,000	101,60	4,026	102,26	4,500	114,30	1,510	0,120	11,300	122,000
4,500	114,30	4,508	114,50	5,000	127,00	1,205	0,097	9,010	97,000
5,000	127,00	5,045	128,14	5,563	141,30	0,961	0,077	7,190	77,000
6,000	152,40	6,065	154,05	6,625	168,28	0,666	0,054	4,980	54,000
7,000	177,80	7,023	178,38	7,625	193,68	0,496	0,040	3,710	40,000
8,000	203,20	7,982	202,74	8,625	219,08	0,384	0,031	2,870	31,000
9,000	228,60	8,937	227,00	9,625	244,48	0,307	0,250	2,300	25,000
10,000	254,00	10,019	254,48	10,750	273,05	0,244	0,020	1,825	19,600
12,000	304,80	12,000	304,80	12,750	323,85	0,204	0,016	1,526	16,400

Esta tabla muestra las diferentes relaciones geométricas de las cañerías de acero, como también sus capacidades volumétricas respectivamente.

fig 1.2.30

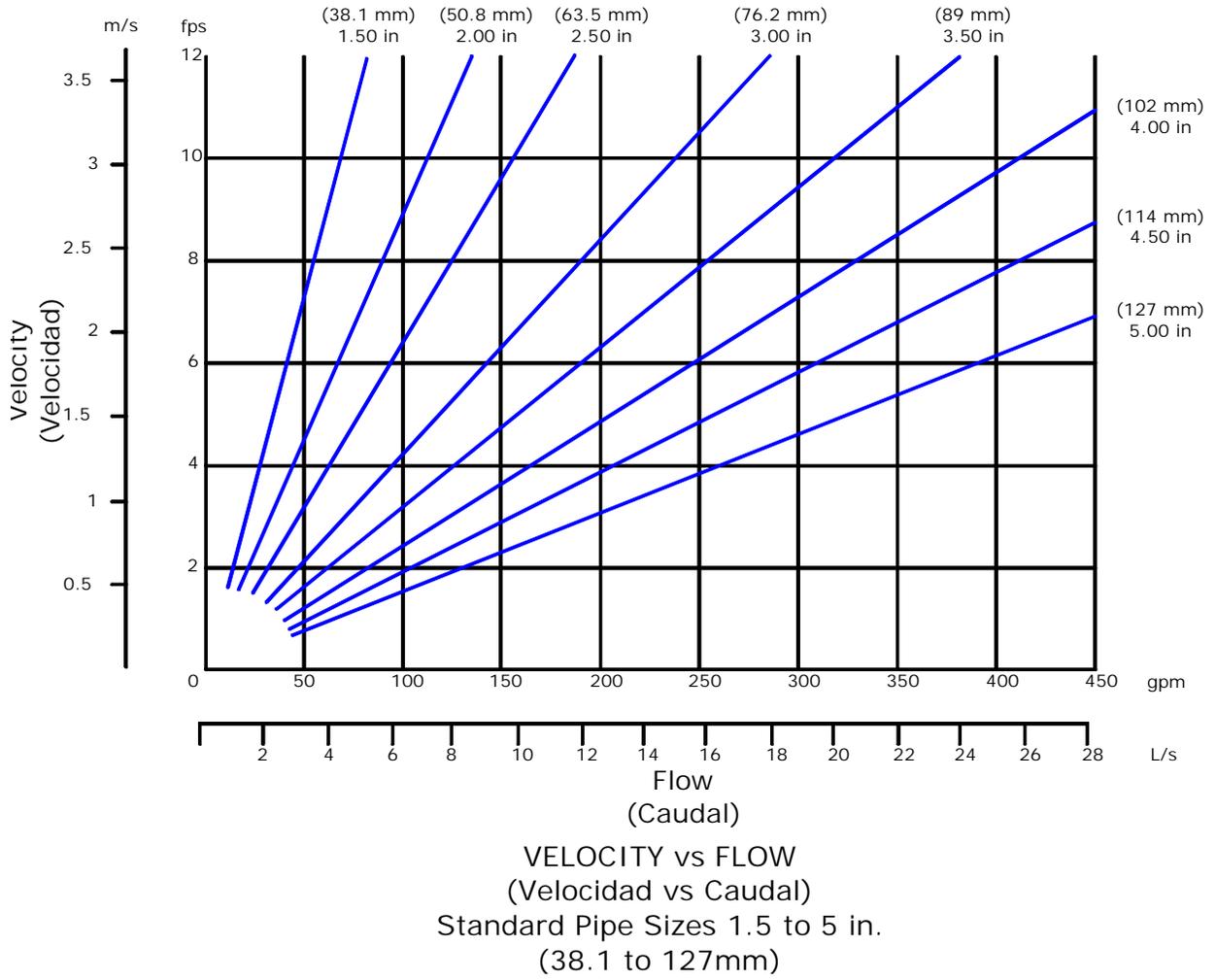


fig 1.2.31. Este gráfico muestra las velocidades de fluido dentro de cañerías de acuerdo con el flujo que va circulando en ellas, dependiendo del tamaño de las cañerías.

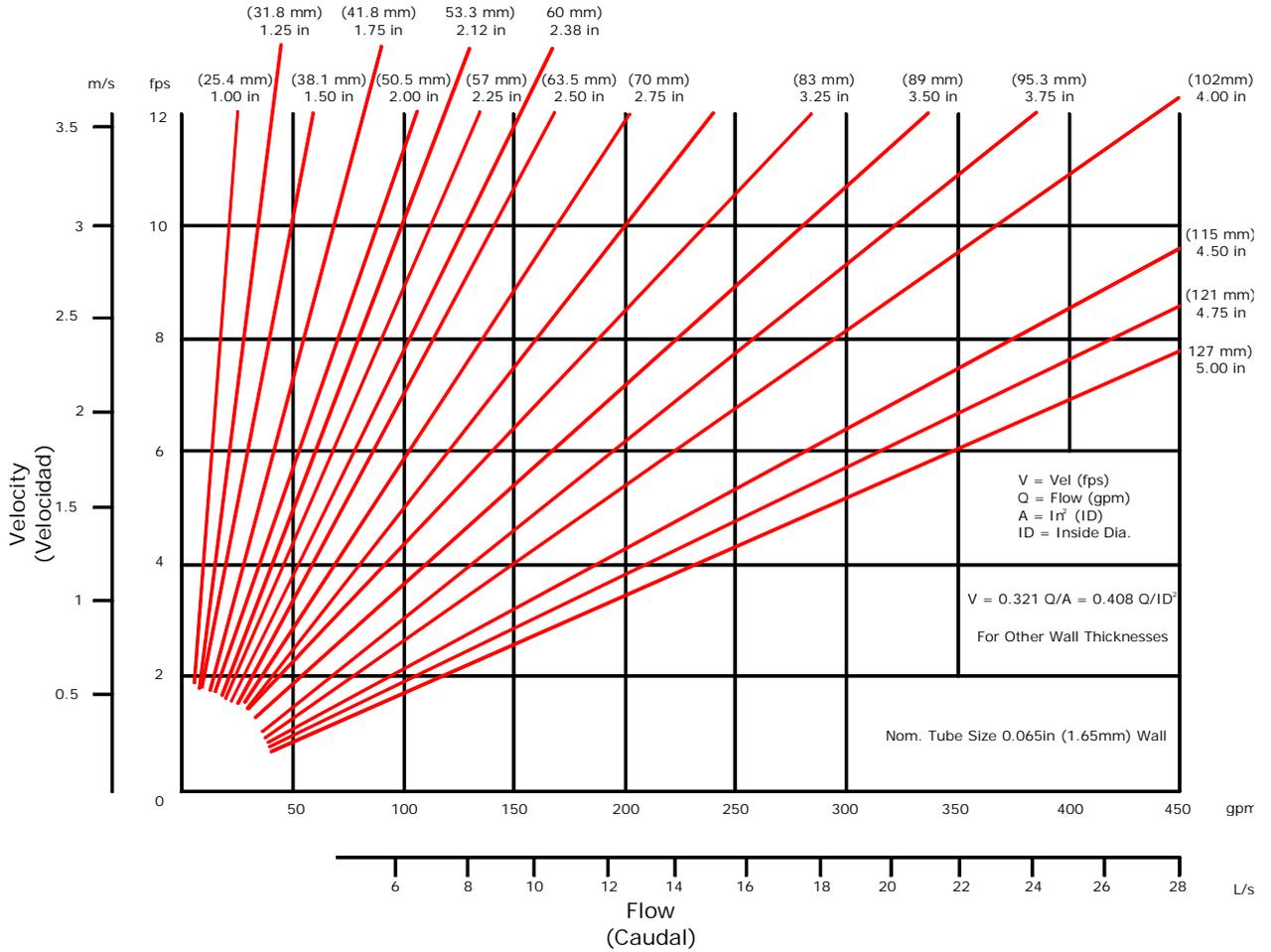
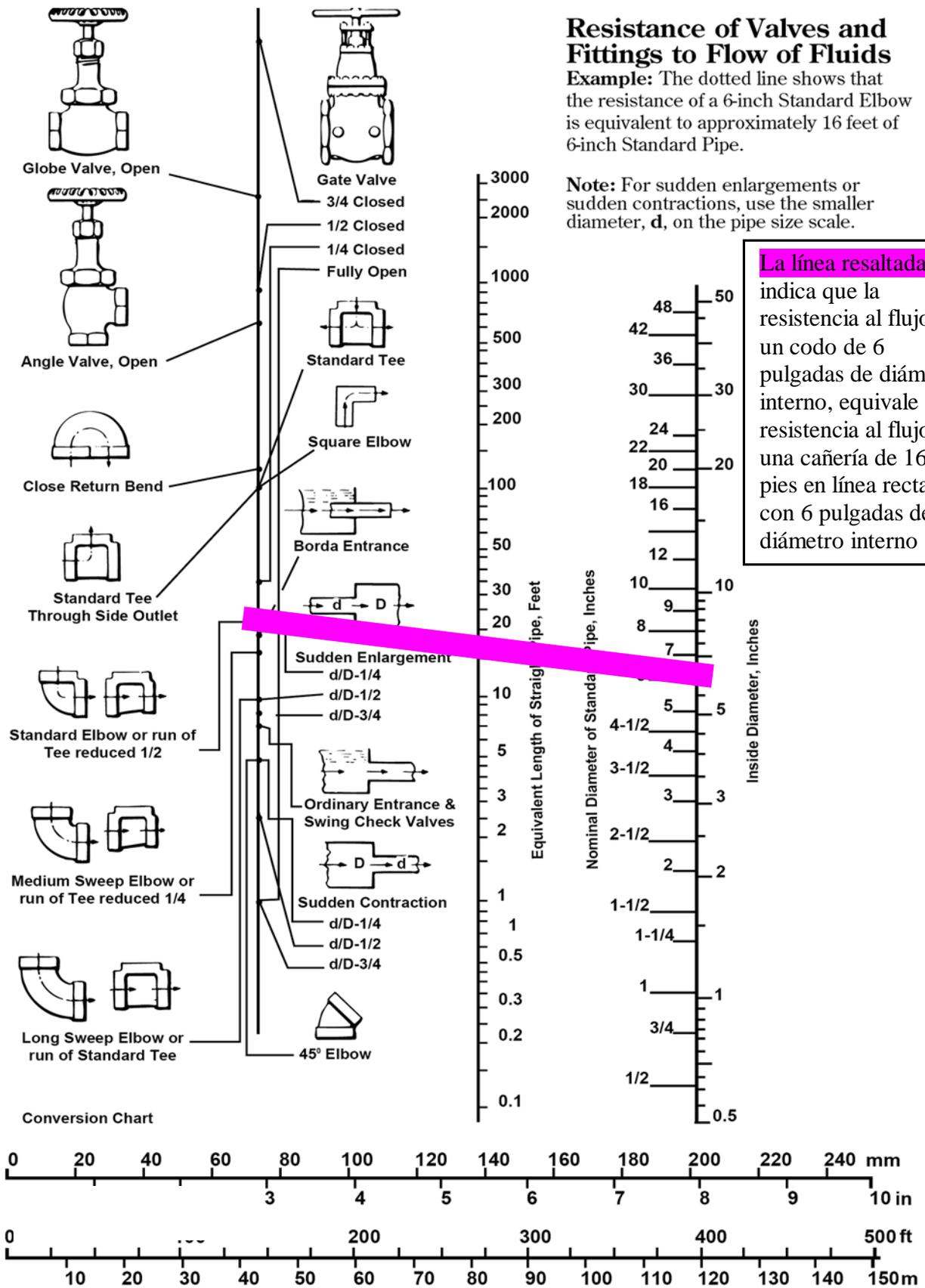


fig 1.2.32. Este gráfico muestra las velocidades de fluido dentro de tubos de acuerdo con el flujo que circula en ellos, dependiendo del tamaño y espesor de los tubos.

TYPICAL FRICTION LOSSES OF WATER IN PIPE (OLD PIPE)										
Flow		Head Loss in ft/100ft (m/100m)							Flow	
gpm	L/s	0,75 in. (19,05mm)	1 in. (25,4 mm)	1,25 in. (31,75 mm)	1,5 in. (38,1 mm)	2 in. (50,8mm)	2,5 in. (63,5 mm)	3 in. (76,2mm)	gpm	L/s
5	0,32	10,50	3,25	0,84	0,40	0,16	0,05	0,07	5	0,32
10	0,63	38,00	11,70	3,05	1,43	0,50	0,17	0,15	10	0,63
15	0,95	80,00	25,00	6,50	3,05	1,07	0,37	0,25	15	0,95
20	1,26	136,00	42,00	11,10	5,20	1,82	0,61	0,38	20	1,26
25	1,58	4 in. (101,6 mm)	64,00	16,60	7,85	2,73	0,92	0,54	25	1,58
30	1,89	0,13	89,00	23,00	11,00	3,84	1,29	0,71	30	1,89
35	2,21	0,17	119,00	31,20	14,70	5,10	1,72	0,91	35	2,21
40	2,52	0,22	152,00	40,00	18,80	6,60	2,20	1,16	40	2,52
45	2,84	0,28	5 in. (127mm)	50,00	23,20	8,20	2,76	1,38	45	2,84
50	3,15	0,34	0,11	60,00	28,40	9,90	3,32	1,92	50	3,15
60	3,79	0,47	0,16	85,00	39,60	13,90	4,65	2,57	60	3,79
70	4,42	0,63	0,21	113,00	53,00	18,40	6,20	2,93	70	4,42
75	4,73	0,75	0,24	129,00	60,00	20,90	7,05	3,28	75	4,73
80	5,05	0,81	0,27	145,00	68,00	23,70	7,90	4,08	80	5,05
90	5,68	1,00	0,34	6 in. (152,4 mm)	84,00	29,40	9,80	4,96	90	5,68
100	6,31	1,22	0,41	0,17	102,00	35,80	12,00	7,55	100	6,31
125	7,89	1,85	0,63	0,26	7 in. (177,8 mm)	54,00	17,60	10,50	125	7,89
150	9,46	2,60	0,87	0,36	0,17	76,00	25,70	14,10	150	9,46
175	11,04	3,44	1,16	0,48	0,22	8 in. (203,2 mm)	34,00	17,80	175	11,04
200	12,62	4,40	1,48	0,61	0,28	0,15	43,10	22,30	200	12,62
225	14,20	5,45	1,85	0,77	0,35	0,19	54,30	27,10	225	14,20
250	15,77	6,70	2,25	0,94	0,43	0,24	65,50	32,30	250	15,77
275	17,35	7,95	2,70	1,10	0,51	0,27	9 in. (228,6 mm)	38,00	275	17,35
300	18,93	9,30	3,14	1,30	0,60	0,32	0,18	44,10	300	18,93
325	20,50	10,80	3,65	1,51	0,68	0,37	0,21	50,50	325	20,50
350	22,08	12,40	4,19	1,70	0,77	0,43	0,24	10 in. (254 mm)	350	22,08
375	23,66	14,20	4,80	1,95	0,89	0,48	0,28	0,19	375	23,66
400	25,24	16,00	5,40	2,20	1,01	0,55	0,31	0,21	400	25,24
425	26,81	17,90	6,10	2,47	1,14	0,61	0,35	0,23	425	26,81
450	28,39	19,80	6,70	2,74	1,26	0,68	0,38	0,26	450	28,39
475	29,97		7,40	2,82	1,46	0,75	0,42	0,28	475	29,97
500	31,55		8,10	2,90	1,54	0,82	0,46	0,59	500	31,55
750	47,32			7,09	3,23	1,76	0,98	1,23	750	47,32
1000	63,09			12,00	5,59	2,97	1,67	1,51	1000	63,09
1250	78,86				8,39	4,48	2,55	2,13	1250	78,86
1500	94,64				11,70	6,24	3,52	2,80	1500	94,64
1750	110,41					7,45	4,70	3,59	1750	110,41
2000	126,18					10,71	6,02	4,60	2000	126,18

fig 1.2.33. Esta tabla muestra las pérdidas en cañerías cada 100 pies, de acuerdo a los diferentes diámetros de cañerías.



La línea resaltada indica que la resistencia al flujo de un codo de 6 pulgadas de diámetro interno, equivale a la resistencia al flujo de una cañería de 16 pies en línea recta y con 6 pulgadas de diámetro interno

fig 1.2.34. Este gráfico nos muestra las pérdidas de presión a través de fittings y válvulas que comúnmente están adaptadas en un sistema de cañerías.

1.3 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO A UTILIZAR Y BUQUE BASE

Como vimos anteriormente tenemos dos grandes grupos de enfriamiento de motores, los directos e indirectos. Como ya sabemos, uno de los objetivos de este trabajo es el de la selección de un circuito de enfriamiento indirecto, y entre los 2 grupos que hay (enfriamiento por intercambiador de calor, enfriamiento central), debemos elegir uno.

Debido a la complejidad del sistema (complejidad en diseño de redes de cañerías), la poca información del propio diseño del mismo circuito, las condiciones de servicio del buque, el cálculo, cantidad de elementos y su costo de selección e instalación de sistemas escogeremos: **SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CENTRAL.**

Utilizaremos como referencia de diseño, una embarcación del siguiente tipo: (fig 1.3.1)

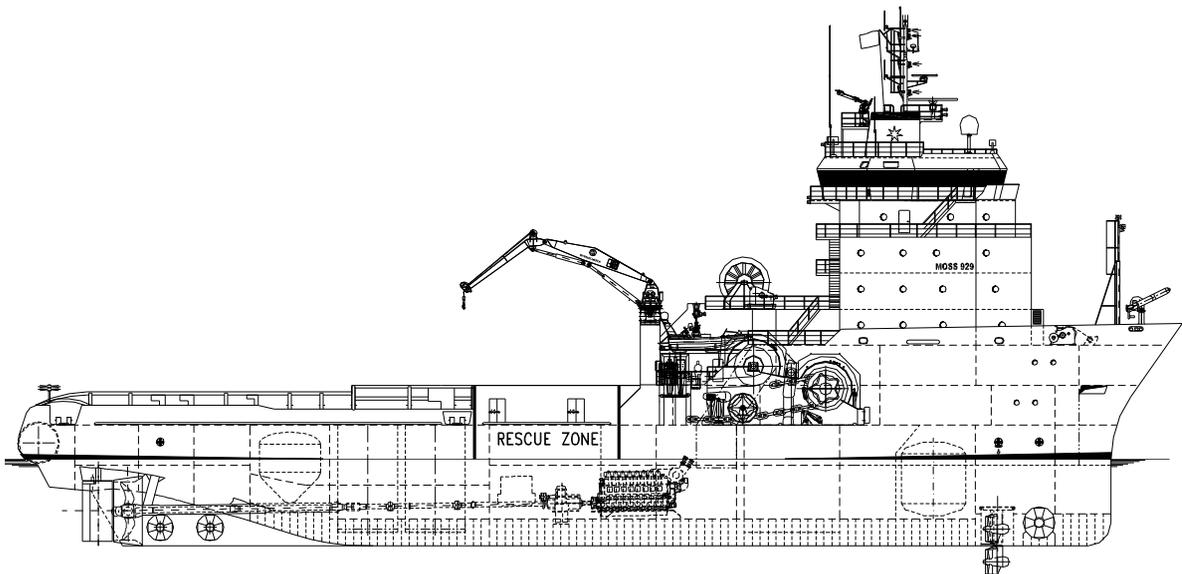


fig 1.3.1

Tipo de embarcación: Anchor Handling Tug Supply Vessel. (Nave de suministro, remolque y manejo de anclas de fondeo). Esta nave opera como apoyo en plataformas petrolíferas.

Características:

Particulares	Dim.	Unit
Eslora total	89.50	m
Eslora entre perpendiculares	76.20	m
Manga moldeada	19.40	m
Puntal moldeado	9.00	m
Calado de diseño	6.50	m
Francobordo de diseño	2.50	m
Máximo calado de escantillonado	7.50	m
Máximo francobordo en el calado máximo de escantillonado	1.50	m

Velocidad de servicio y bollard pull:

La velocidad de servicio deberá ser de 15 nudos a un régimen de 85% de potencia máxima, en mar calma. La Capacidad de tiro no debe ser inferior de 212 toneladas.

Casa Clasificadora:

El buque será construido de acuerdo con las reglas y regulaciones de la casa clasificadora Lloyd's Register of Shipping, para un servicio a nivel mundial.

La clasificación de esta nave de acuerdo a LRS será:

Lloyds: X100 A1, XLMC, UMS, NAV-1, SCM, DP(AA), IWS, Ice Class 1C, Fire-Fighting Ship 1 (2400m³) with water spray
"Offshore Tug Supply Ship"

donde los siguientes términos significan:

X100 A1: (Sea going ship, LR's rules and regulations, Special Service). Buque de construcción nueva, de navegación en mar abierta, aceptado y mantenido en buenas y eficientes condiciones, y que presentan un equipo de manejo y levantamiento de anclas y muertos.

XLMC: (LRS Machinery Class). Construcción nueva de maquinaria principal de propulsión y auxiliar fabricada y construida bajo las exigencias de LRS.

UMS: (Unattended Machinery Spaces). Buque automatizado que puede ser operado con la sala de máquina sin guardia.

NAV-1: (Navigational 1). Buque que tiene en el puente de gobierno acceso a todos los sistemas y equipos principales del buque, y es considerado que puede operar sin problemas de manera segura durante un período de tiempo bajo la supervisión de una simple guardia de vigilancia.

SCM: (Screwshaft Condition Monitoring). Buque que tiene sistemas auto-lubricadores propios del sistema de propulsión.

IWS: (In Water Survey). Buque que es aprobado por el comité clasificador, para poder ser inspeccionado en servicio (sin llevar a dique), entre las inspecciones ordinarias generalmente hechas cada 5 años en dique.

Ice Class IC: (Navegación en hielo IC). Buque con reforzamiento estructural para navegar en condiciones de hielo de primer año, esto quiere decir con hielo sin romper de hasta 0.4m de espesor.

Fire Fighting Ship 1 (2400m³): with water spray: (Buque de combate contra-incendio con dispersores de agua). Buque capacitado para combate de incendio con sistema de dispersión de agua, con una capacidad "1" que es de 2400m³.

1.4 REQUERIMIENTO A BORDO

Desafortunadamente no toda la energía proveniente de la combustión interna de un motor se puede aprovechar, esto deriva a la necesidad de instalar un medio de enfriamiento para los motores principales de un buque.

Existen diversas formas de obtener este enfriamiento como analizamos anteriormente en el ítem 1.2. Sin embargo, a pesar de que existen muchas de estas alternativas, todas cumplen una función general en común: **capturar la energía (en forma de calor) disipada y transmitida al agua circulante (agua de chaqueta en caso de los motores), para no sufrir un sobrecalentamiento de los motores o equipos.**

El requerimiento principal del sistema de enfriamiento central por agua de mar, es cumplir esta función general, y luego cumplir las otras funciones específicas que en el ítem 1.5 mencionaremos. Hablamos de “cumplir”, y nos referimos a satisfacer los requerimientos de cada equipo que necesite del sistema, donde sea que esté instalado. Entre esos requerimientos están:

- Llevar cantidades de flujo en las operaciones necesarias con agua de mar, tales como cebado de bombas.
- Llevar cantidades de flujo necesarias para cada intercambiador de calor, a una presión aceptable, y que el sistema sea óptimo, ahorrativo, económico, y eficiente.
- Servir como toma de agua de otros circuitos tales como el de lastre, contra-incendio, y achique.
- Alimentar al Generador de Agua destilada.

A medida que nos acerquemos a la perfección en cada uno de los parámetros anteriormente mencionados, tendremos un excelente diseño y funcionamiento del circuito.

1.5 FUNCIONES DEL CIRCUITO A BORDO

(Referencia Anexos: Circuito de Enfriamiento por Agua de Mar Plano N°1)

Tomando como base nuestro buque de referencia, el sistema de enfriamiento no solo requiere enfriar el agua de chaqueta de los motores principales, si no también requiere el suministro de agua para otras funciones propias del buque que a continuación vamos a enumerar y explicar:

1.5.1 Suministro de agua de mar para el enfriamiento de agua de chaqueta de los motores principales:

Como ya sabemos, entre las características que tiene nuestro buque referencia, está el que tenemos 4 motores principales. Estos motores tienen la siguiente configuración:

- a) Configuración 2 x Motor Padre-Hijo: Esto es, dos grupos de motores uno de mayor potencia que el otro.
- b) Están enumerados de Babor a Estribor mediante números correlativos. Siendo así:
 - ME 1: Motor Principal Padre Babor
 - ME 2: Motor Principal Hijo Babor
 - ME 3: Motor Principal Hijo Estribor
 - ME 4: Motor Principal Padre Estribor

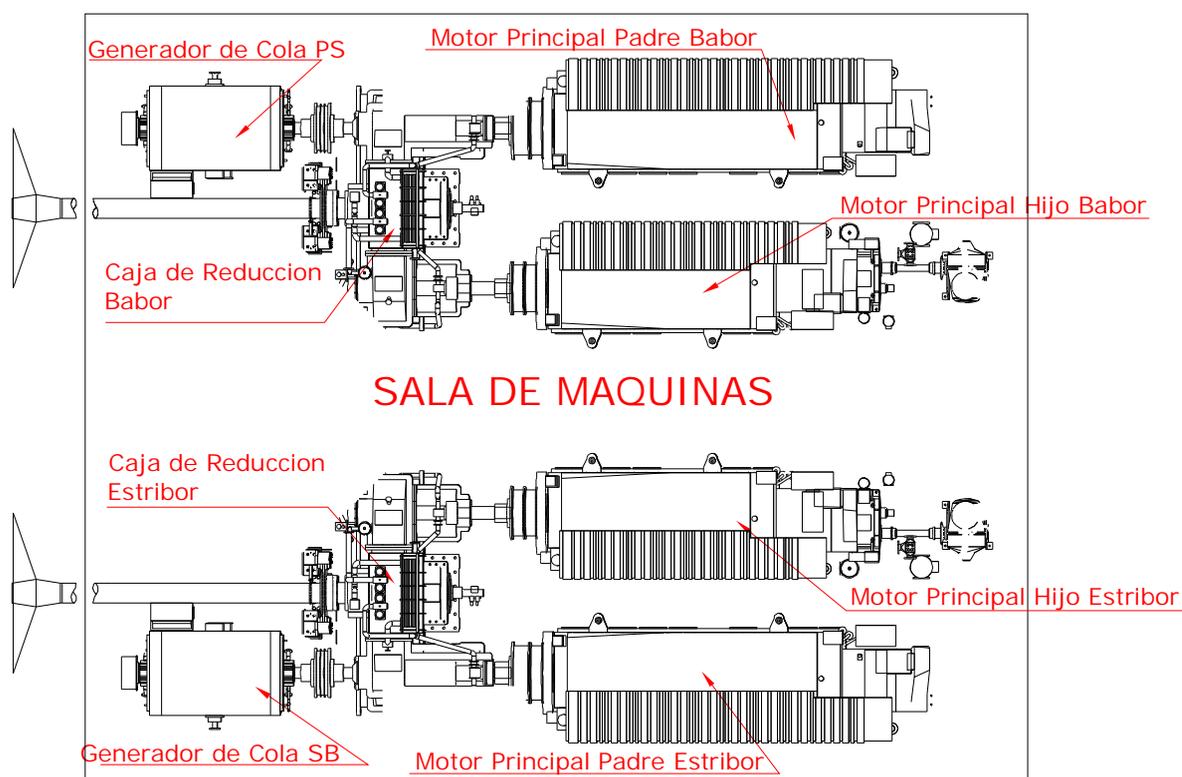


fig 1.5.1

- c) Características: Las características principales de todo motor es su potencia en función de RPM, aquí mostraremos su potencia máxima suministrada a máximas RPM.

Nombre	Tipo	Modelo	Potencia máxima en KW	RPM máximas (1/rev)
ME 1	Padre	MAK 8 M 32-C	3840	600
ME 2	Hijo	MAK 6 M 32-C	2880	600
ME 3	Hijo	MAK 6 M 32-C	2880	600
ME 4	Padre	MAK 8 M 32-C	3840	600

- d) El objetivo principal de estos motores diseñados y dispuestos de esta forma en la planta propulsora principal, es el aumento significativo de la potencia total del buque, siendo que dispuestos de esta manera, se suman la potencia total de cada motor, teniendo en total un 13440 kW.

1.5.2 Suministro de agua de mar para el enfriamiento de agua de chaqueta de motores auxiliares

Como también sabemos, entre las características que tiene nuestro buque referencia, está el que tenemos 2 motores generadores auxiliares llamados también a bordo como grupos auxiliares. Estos motores tienen la siguiente configuración:

- a. Están enumerados de Babor a Estribor mediante números correlativos. Siendo así:
- AE 1: Motor Auxiliar Babor
- AE 2: Motor Auxiliar Estribor
- b. Características: Las características principales de todo motor auxiliar es su potencia en función de RPM, aquí mostraremos su potencia máxima suministrada a máximas RPM.

Nombre	Tipo	Modelo	Potencia máxima en KW	RPM máximas (1/rev)
AE 1	Auxiliar	Caterpillar 3508B	910	1800
AE 2	Auxiliar	Caterpillar 3508B	910	1800

1.5.3 Suministro de agua de mar para enfriamiento de agua que circula por los frenos del winche principal.

Nuestro buque de referencia tiene un winche principal en la cubierta principal, cuya función principal es la de levantar, mover, posicionar, y lanzar muertos o anclas de plataformas petrolíficas. Entre sus complejos sistemas, el winche principal, tiene un sistema de freno por agua, donde el agua utilizada allí es enfriada por intercambiadores de calor de agua de mar.

1.5.4 Suministro de agua de mar para enfriamiento de equipos auxiliares

Como en todo tipo y clase de buque, tenemos equipos auxiliares que necesitan de enfriamiento secundario, tales como Thrusters (Popa, Proa, Azimuth), Generadores de Cola, Unidades de Aire Acondicionado (planta refrigeración doméstica), Compresores de sistema de carga y descarga a granel, Motor del Winche Principal, Descansos de eje de propulsión, entre otros. Estos equipos serán enfriados con agua dulce, y a su vez esta agua dulce será enfriada por agua de mar que pasará a través de un intercambiador de calor central.

1.5.5 Suministro de agua de mar para sistema de Lastre

A manera de tener las menores penetraciones en el casco del buque, por diversos factores estructurales, hidrodinámicos y de seguridad, muchos de los sistemas que también utilizan agua de mar, tomarán este recurso mediante el CROSSOVER LINE, que es una cañería que comunica varias cajas de mar (generalmente dos, una por cada banda). Debemos considerar esta toma de agua en nuestro diseño del circuito.

1.5.6 Succión de emergencia de sentina en sala de máquinas

Por la misma razón anterior y por una razón de seguridad a bordo, en todo buque debemos tener una succión de emergencia, que es un sistema aparte del circuito de achique en el buque, y se utiliza para tratar de controlar una posible avería (entrada de agua en el compartimiento de sala de máquinas) mediante una succión de un caudal mayor o igual al de la avería.

1.5.7 Suministro de agua de mar para sistemas contra-incendio

Todo buque debe tener un sistema o circuito principal contra-incendio, alimentado desde el colector principal de mar (CROSSOVER) generalmente. Además se debe considerar una alimentación adicional a través de una caja de mar adicional desde donde succionará la bomba contra-incendio de emergencia, para uso exclusivo de la red de incendio. Esta toma de agua también la consideraremos en el diseño del sistema.

1.5.8 Suministro de agua de mar para la generación de agua dulce a bordo

Todo buque necesita un sistema obtención de agua dulce para servicio y consumo del propio buque. Este sistema se le llama FW GENERATOR SET y hay muchos tipos de ellos. El utilizado a bordo es un Generador de Agua Dulce ALFA LAVAL tipo: JWP -26- C100. Esta toma de agua también debe ser considerada en el diseño.

1.5.9 Suministro de agua de mar para equipos auxiliares

Existen a bordo equipos que necesitan agua de mar para su operación o puesta en marcha. Entre estos tenemos las dos bombas de sentina, la bomba de fango, que necesitan ser cebadas cuando se colocan en servicio, debido a que no son bombas auto-cebantes.

Y para su normal operación, se necesita agua para el separador de aguas oleosas, y el sistema de niebla contra incendio (Fog System) que es un sistema totalmente independiente de los mencionados anteriormente, instalado solamente en la sala de máquinas sobre los motores principales, motores auxiliares, caldera y sala de purificadores de petróleo.

1.6 CASA CLASIFICADORA:

Nuestro buque de referencia, tiene una clasificación, según Lloyd's Register of Shipping:

Lloyds: X100 A1, XLMC, UMS, NAV-1, SCM, DP(AA), IWS, Ice Class 1C, Fire-Fighting Ship 1 (2400m³) with water spray "Offshore Tug Supply Ship"

Es muy poco lo que dicen las reglas de Lloyd's Register acerca de este tema, debido a que cabe señalar que la funcionalidad propia del sistema de enfriamiento no es responsabilidad de la sociedad clasificadora, puesto que en sus reglamentos no se habla nada del diseño propio del circuito. Sin embargo, hay especificaciones puntuales que hay que cumplir de acuerdo a la casa clasificadora, y éstas son:

- Con respecto al diseño de las cañerías de aleaciones de cobre-níquel: (**Lloyd's Register Rules and Regulations - Rules and Regulations for the Classification of Ships, July 2004, incorporating Notice No. 1 - Main and Auxiliary Machinery - Piping Design Requirements - Copper and copper alloys**)

La sociedad clasificadora hace referencias sobre los materiales utilizados y los espesores mínimos de las cañerías. Además se dan consideraciones sobre los esfuerzos admisibles para estos materiales.

Se entregan consideraciones sobre el trabajo de tratamiento de calor y métodos de flexión de cañerías.

- Con respecto a sistemas de cañerías en el buque: (**Lloyd's Register Rules and Regulations - Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, July 2003 - Machinery and Engineering Systems - Support Systems - Made and Fresh Water Systems - System arrangements**)

La sociedad de clasificación, hace referencia sobre este tema, a las principales consideraciones, sobre diseño de circuitos del buque en general.

Aparece una consideración acerca de los arreglos de sistemas de cañerías para suministro de agua destilada y generación de agua dulce a bordo, que pueden ser conectadas a sistemas esenciales de uso de esta agua, (como alimentación de la caldera, agua de chaqueta, o agua destilada para consumo), en caso de una eventual falla o daño de un sistema o equipo. Estos arreglos deben evitar ser hechos en lo posible de uniones permanentes, para prevenir contaminaciones entre aditivos del agua de chaqueta, como inhibidores de corrosión, que pueden estar presentes en el sistema. Donde no se puedan evitar estas uniones permanentes, debe

colocarse una válvula aislante entre cada sistema, para asegurar que la contaminación no incidan en los modos de operaciones normales de los propios sistemas.

Dan referencias a otros capítulos de las reglas acerca de válvulas y fittings de agua de mar, como también de sistemas de alta presión de sistema con agua de mar (por ejemplo sistemas de extinción de incendio por niebla).

También aparecen consideraciones de posicionamiento de las succiones de agua de mar (caja de mar), deben estar lejos de descarga sanitarias, y lejos en lo posible del pantoque del buque debido a su posible formación de vórtices, remolinos o turbulencias en la zona.

Además existe una consideración sobre las tomas de agua de mar de generadores de agua dulce, para consumo a bordo, que en casos inevitables deben satisfacer ciertos requerimientos, tales como el que el sistema debe tener arreglos para facilitar su limpieza, mantenimiento, reparación. Otro requerimiento es el de la capacidad del generador, que debe estar alrededor 150 litros/hombre/día, mas 450 litros/día para uso de maquinaria.

- Con respecto a sistemas de enfriamiento de agua de mar y cajas de mar: (**Lloyd's Register Rules and Regulations - Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, July 2003 - Additional Optional Requirements - Additional Sea Going Features - Ice Navigation - First Year Ice Conditions - Machinery and engineering systems**)

En esta parte de los reglamentos, nos hablan de consideraciones que se deben cumplir para buques de navegación en hielo, entre otras cosas.

La caja de mar (baja) debe estar situada lo más al centro y a popa del buque posible, debido a que en esta posición, es casi imposible que la caja de mar tome aire y así se evitan grandes problemas en lo que admisión de aire al circuito se refiere. También en cualquier posible movimiento de balanceo del buque o de cabeceo nos aseguramos que la caja de mar jamás saldrá a la superficie de mar.

También aparece una consideración sobre el dimensionamiento o cubicación del volumen de la caja de mar, debe tener 1 metro cúbico cada 750 KW de potencia total de planta propulsora, incluyendo la planta de equipos auxiliares.

Las cajas de mar deben ser lo suficientemente altas para permitir que se acumule el hielo sobre la cañería de succión (d) (fig 1.6.1). Esta consideración es válida para buques que tengan por zona de servicio la navegación en aguas con formación de hielo, y es debido a que si hubiese una avería en tanto en la caja de mar como en la rejilla de la caja de mar y entrase hielo a la caja

de mar, este se ubicará en la parte superior de la caja debido a su menor peso específico que el agua en estado líquido. Por esto debemos tener en cuenta suficiente altura (d) en la caja de mar para la acumulación de hielo.

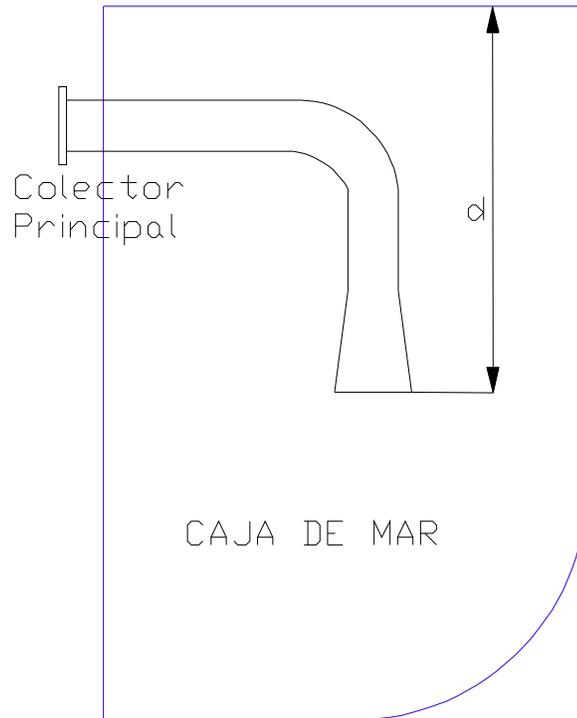


fig 1.6.1

Debe haber una recirculación de agua hacia la caja de mar, y una conexión para inyectar aire a presión con el objetivo de limpiar las posibles incrustaciones o suciedades típicas que aparecen en las rejillas de las cajas de mar.

El área neta a través de los orificios de las rejillas de caja de mar (la suma de cada orificio en total), debe ser de un mínimo de 4 veces mayor al área transversal del colector principal.

Donde hay problemas con las condiciones anteriores, se debe practicar otra toma de agua de mar.

- Con respecto a sistemas de enfriamiento de motores: (**Lloyd's Register Rules and Regulations - Rules and Regulations for the Classification of Ships, July 2004, incorporating Notice No. 1 - Main and Auxiliary Machinery - Machinery Piping Systems - Engine cooling water systems**)

En este capítulo encontramos reglamentos acerca de sistemas de enfriamientos de sistemas principales y auxiliares.

Hay consideraciones sobre funciones de stand-by de bombas y enfriadores, reglas sobre el seleccionado elementos en stand-by, condiciones que tienen que cumplir listos para su operación.

También aparecen consideraciones de válvulas de seguridad en sistemas de enfriamiento principales, como también sobre consideraciones sobre entradas de agua de mar.

Existen reglas también sobre los filtros, y venteos.

- Con respecto a cañerías de servicio de agua: **(Lloyd's Register Rules and Regulations - Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, July 2003 - Machinery and Engineering Systems - Piping Systems - Piping Design Requirements - Guidance notes on metal pipes for water service)**

Existen en este capítulo, consideraciones con respecto a los materiales a utilizar en este tipo de servicio.

Nos hablan un poco de las conexiones de flanges en cañerías de acero y galvanizadas, para otros servicios como lastre y sentina. Nos hablan de cañerías de aleaciones de cobre, y también nos hablan sobre la limpieza de cañerías para este uso. También existen consideraciones de velocidades de servicio de agua, donde en las de aleaciones de cobre debe ser mayor a 3.5 m/s.

- Con respecto a estructura: **(Lloyd's Register Rules and Regulations - Rules and Regulations for the Classification of Ships, July 2004, incorporating Notice No. 1 - Ship Structures (General) - Fore End Structure - Shell envelope plating)**

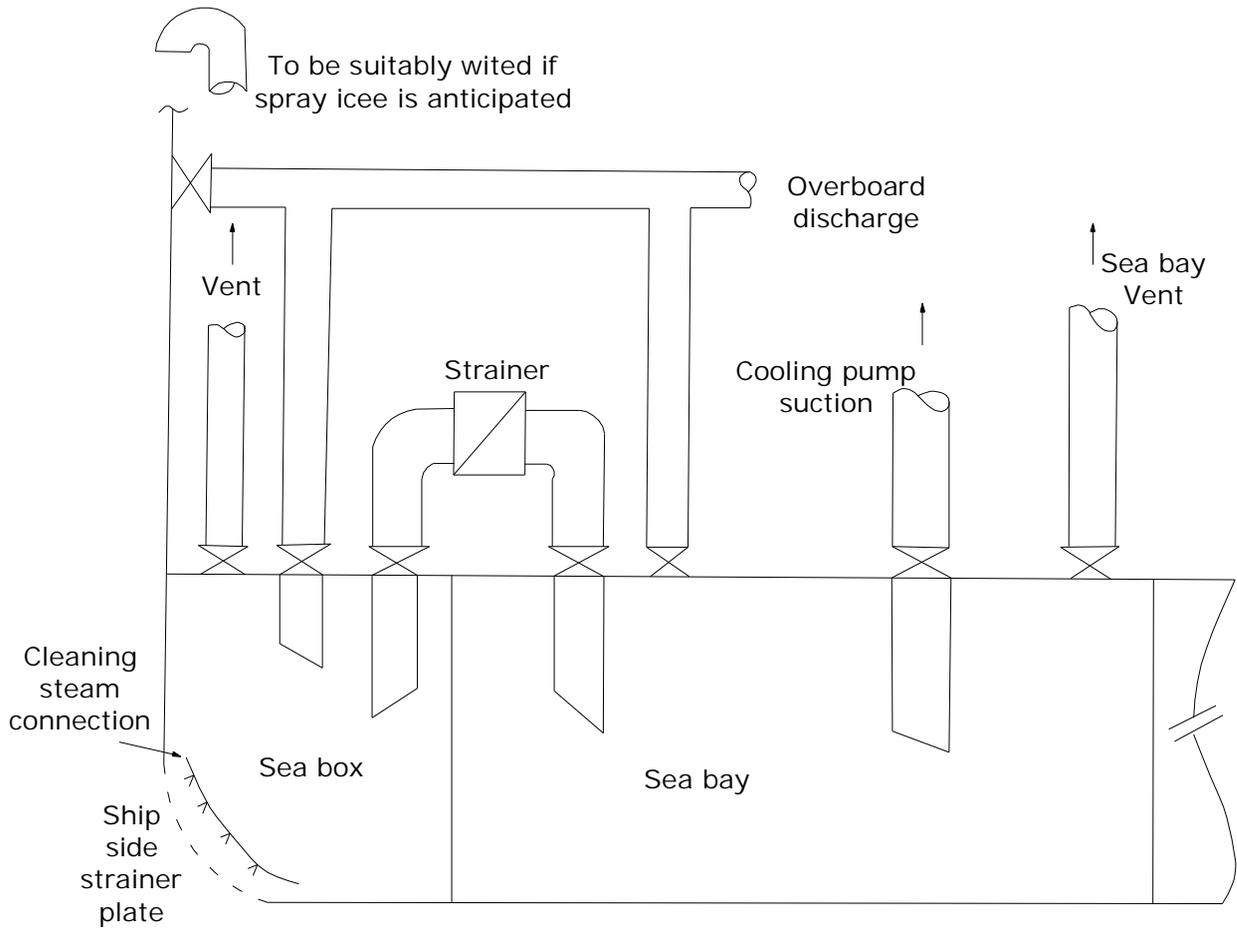
Habla sobre el espesor de planchaje del casco, en la caja de mar y sus alrededores, y dice que las esquinas de la caja de mar deben estar lo más redondeadas posibles y alejadas del pantoque en lo que se pueda, debido a que se pueden producir alteraciones del flujo en esas zonas.

El espesor de estas cajas debe ser de más de 12.5mm y no necesita exceder de 25mm.

- Anexo de guía de diseño y construcción de caja de mar para condiciones de aglomeraciones de hielo: **(Guidance on Design and Construction of sea inlets Under Slush Ice Conditions - (28 April 1989) - Annex - Guidance on Design and Construction of sea inlets Under Slush Ice Conditions)**

En esta parte, LRS nos da una guía práctica sobre el diseño y construcción de cajas de mar bajo condiciones operacionales de acumulación de hielo.

También nos ofrece un arreglo general de los elementos que debe tener una caja de mar para operar en estas condiciones. (fig 1.6.2)



Suggested arrangement
Sea inlets for slush ice condition
Port side view (Stbd. side similar)

fig 1.6.2

1.7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

(Respectivas al sistema de enfriamiento)

Las especificaciones técnicas del buque son el instrumento de diseño principal de este buque. En ellas están los requerimientos principales de todos los sistemas, equipos, elementos, funcionamientos, etc. del propio buque.

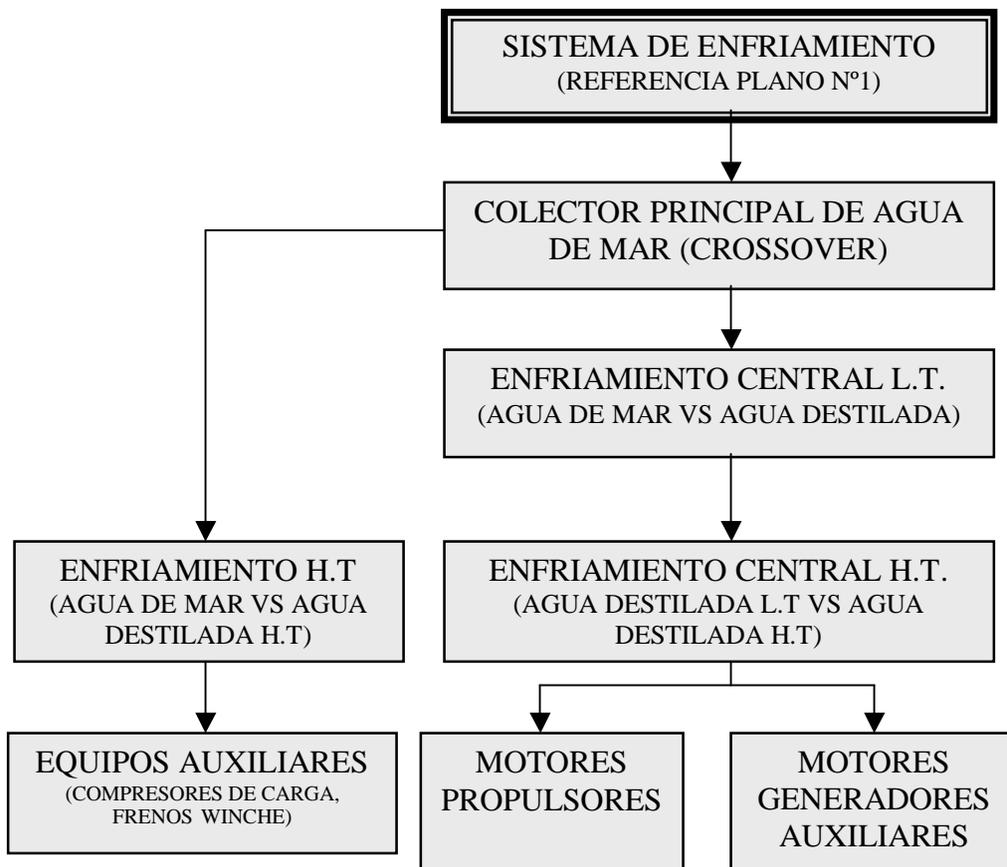
En las especificaciones técnicas de este buque, en materia de sistemas de enfriamiento, debemos cumplir lo siguiente:

- Las bombas de circulación del circuito de agua de mar, deben tener un sistema de manual y automático para controlar las RPM de las mismas. Las RPM máximas de las bombas de circulación no deben estar por encima de 1800 RPM.
- El circuito de enfriamiento por agua de mar, debe estar distribuido de manera segura y con flexibilidad de operación en casos de fallas o fugas.
- El circuito de enfriamiento por agua de mar debe ser diseñado basado en una temperatura máxima de agua de mar de 33°C y de una temperatura de agua de chaqueta de 37°C.
- Los arreglos y materiales usados en el circuito de enfriamiento de agua de mar deben ser seleccionados de tal manera que eviten la corrosión en cañerías, cavitación en bombas, etc. Los Flanges de cada cañería deben estar aislados relevantemente de pernos galvanizados.
- La línea de Cross-Over debe contar con una válvula intermedia, por localizar en mutuo acuerdo entre Armador y Astillero. Esto es debido a que la configuración de nuestro sistema debe permitir reemplazar equipos, reparar daños, fugas con una continua operación de servicio y sin perjudicar el correcto funcionamiento del buque.
- Los intercambiadores de calor del circuito de enfriamiento de agua de mar, deben tener descargas a costado por ambas bandas del buque, babor y estribor, debido a que se debe evitar hacer descargas al costado por el lado en que se realicen maniobras de trabajo, rescate o inspección cuando el buque está en servicio, o cuando se está en muelle o dique de reparaciones.

- Los intercambiadores de calor deben tener conexiones para limpieza química. Estas conexiones son previstas por el proveedor del intercambiador de calor y varían de acuerdo al proveedor escogido.
- Todos los sistemas de agua de mar deben estar protegidos contra incrustaciones de moluscos y corrosión en cada caja de mar, y cada MGPS (Marine Growth Prevention System) debe cubrir el máximo consumo de agua de mar. **(Ver capítulo 1.10.8)**
- Las bombas de agua de mar para la planta principal de propulsión y equipos auxiliares, deben estar diseñadas para poder operar en paralelo, con capacidades como si se estuvieran usando en un modo sencillo, correspondientes a un 65% sin cavitación.
- El circuito de enfriamiento de agua de mar para la planta propulsora principal y equipos auxiliares, debe contar con una descarga retorno a las cajas de mar, y debe constar con una válvula de control de flujo que descarga al costado.
- Se debe cumplir con todas las condiciones de diseño de la casa clasificadora Lloyd's Register en lo que a diseño de caja de mar se refiere, exceptuando lo que se refiere al vapor en las cajas de mar.

1.7.1 Componentes principales del sistema:

(Referido al Plano N°1 en anexos)



1.7.1.1 Planta Propulsora principal:

- Tres bombas circuladoras de agua de mar (SW Main Pump N°1, SW Main Pump N°2, SW Main Pump N°3) para enfriamiento de los motores principales y otras partes de la planta de propulsión, mediante intercambiadores centrales de agua de mar versus agua dulce de baja temperatura .

Deben tener la siguiente especificación:

Eje:	Stainless steel
Carcaza:	NI AL BZ
Rotor:	NI AL BZ
Sellos:	Mechanical
Capacidad unitaria:	50% del total de consumo de la planta a un régimen de un 110% de potencia máxima
Presión:	A determinar
Motor eléctrico:	440V-60Hz corriente alterna con controlador de frecuencia.

Se instalará un sistema de auto-cebado automático si es necesario.

- Tres Intercambiadores de calor de placas para servicio del sistema de enfriamiento de baja temperatura (LT Cooler N°1 for Main Engines, LT Cooler N°2 for Main Engines, LT Cooler N°3 for Main Engines)

Capacidad:	50% del total de consumo de la planta a un régimen de un 110% de potencia máxima.
Material de placa:	Titanio

Los intercambiadores de calor debe tener conexiones para limpieza química, donde el proveedor dispondrá el lugar apropiado y el tipo de conexión.

Los intercambiadores de calor deben tener un auto-filtro interno en la entrada de la cañería de agua salada y sellos internos⁵. Para consideraciones de diseño, los intercambiadores en un sistema deben ser calculados con un factor de limpieza de 0.85, esto significa, que si el intercambiador de calor experimenta en una situación dada una suciedad del 15% en sus placas, todavía el sistema total trabaja eficientemente.

⁵ Ver CD Anexo: (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Selección y Adquisición de Equipos, Archivo Especificaciones Técnicas de Intercambiadores de Calor).

Una de las 3 bombas y uno de los 3 enfriadores antes descritos deben ser dispuestos para una automática función de stand-by. Se debe proveer y diseñar el circuito con las pertinentes conexiones automáticas, válvulas, etc. necesarias para esta disposición.

El arreglo y configuración general del circuito debe disponer una bomba para cada enfriador, e interconexiones entre ellas para una posible variación de usos.

1.7.1.2 Planta Auxiliar

El sistema debe estar diseñado para añadir una futura instalación de dos winches, después de que el buque este operativo y en servicio, tomando en cuenta capacidades de enfriamiento y espacio para arreglos de cañerías, para esta futura instalación. Los dos winches secundarios corresponden a marca Rauma Rolls Royce tipo SU1250E, especificación técnica No. 981007B2 de procedencia finlandesa y su función a bordo está por definir según necesidades futuras.

El sistema de enfriamiento auxiliar para enfriamiento de maquinaria y equipos debe estar considerado en este diseño. Válvulas de paso en conexiones deben estar consideradas desde el sistema principal de enfriamiento de agua de mar y el sistema auxiliar. La localización de estas válvulas y conexiones estarán de acuerdo a como se encuentre en terreno,

- Tres bombas circuladoras de agua de mar (SW Aux Pump N°1, SW Aux. Pump N°2, SW Aux. Pump N°3) con funciones de stand by para intercambiadores centrales L.T (Cooler N°1 for Auxiliaries, Cooler N°2 for Auxiliaries), de enfriamiento de sistemas auxiliares y servicio general.

Debe tener la siguiente especificación:

Carcaza:	NI AL BZ
Rotor:	NI AL BZ
Sello:	Mechanical
Capacidad Unitaria:	Una bomba debe cubrir el enfriamiento normal del servicio del buque. (Entendemos por servicio normal del buque hasta un 100% de potencia máxima de la planta auxiliar en las temperaturas especificadas por el balance térmico)

Dos bombas para operar cuando el winche principal y/o los secundarios están en operación.

	Las bombas deben estar diseñadas para la operación de dos enfriadores a la vez, circulando el mayor flujo sin cavitación.
Presión:	Por determinar
Motor Eléctrico:	440V-60Hz corriente alterna con controlador de frecuencia.
Eje:	Stainless steel

Se instalará un sistema de auto-cebado automático si es necesario.

- Dos intercambiadores de calor de placa para la planta de enfriamiento auxiliar.

Capacidad:	65% cada uno del total de consumo de la planta auxiliar
Material de placa:	Titanio

- Cuatro intercambiadores de calor de placa para frenos del winche principal.

Preparación para dos intercambiadores de calor de placas para una futura instalación de frenos de winche secundario.

Conexiones especiales para válvulas deben ser agregadas. Los intercambiadores de calor deben tener conexiones para limpieza química.

1.7.1.3 Sistema de agua de mar para el Generador de agua dulce.

- Una bomba de agua de mar debe ser dispuesta para abastecer de agua de mar desde el cross-over para alimentar de agua el equipo para generación de agua dulce.

Los materiales deben ser iguales a los de las bombas de enfriamiento antes mencionadas.

1.8 CONSIDERACIONES TÉCNICO ECONOMICAS:

En un proyecto las consideraciones técnico-económicas son las principales razones de éxito o fracaso del mismo.

Existen muchas de estas consideraciones generales del mismo proyecto del buque, y que se deben tomar en cuenta en todo diseño y construcción de nuestro circuito y de todos los demás sistemas del proyecto.

Entre ellas consideraremos las siguientes:

1.8.1 Lugar de construcción:

No es un ítem tan relevante en el diseño y construcción de nuestro circuito, sin embargo, es muy relevante en la selección y adquisición de éste.

Por ende debemos tener muy en cuenta el lugar de construcción de nuestra embarcación, la accesibilidad a la información que debemos manejar, como catálogos, material técnico propios de equipos, guías para aplicaciones e instalaciones de equipos, etc.

También debemos evaluar los costos de traslado y transporte de los propios equipos y lograr el balance adecuado entre precio de compra y traslado. Por ejemplo: Si una empresa situada en Hamburgo, Alemania, nos vende una bomba centrífuga XYZ en 3000 euros, y el costo de traslado desde Hamburgo-Valdivia de esta bomba centrífuga XYZ es de 600 euros, el total de la compra será 3600 euros. Luego otra empresa nos ofrece la misma bomba centrífuga XYZ puesta en Valdivia, a 3500 euros lógicamente elegiremos la última.

Otro punto importante dentro de este ítem, es el tiempo de arribo del producto. Generalmente las compañías que brindan el servicio de suministro de equipos y traslado puerta a puerta, son las más rápidas en lo que tiempo de arribo se refiere. Además ofrecen otras ventajas que son la facilidad y ahorro en tiempo de tramites aduaneros, entre otros tramites (intercambios de mercancías, guías de despachos, etc.).

Siempre está el riesgo cuando se transporta mercancías de que sufran daños en las mismas. Por ende se debe dejar bien especificado quién se hace responsable de las mismas (generalmente la empresa de transporte).

1.8.2 Economía local:

Al igual que el ítem anterior, no tiene relevancia directa en el diseño y construcción del circuito en sí, mas si tiene importancia en la selección y adquisición del sistema. La macroeconomía local presente en Chile es creciente y es la que tiene que ver directamente con la variación de la moneda local vs otras monedas de importancia como el dólar o el euro.

Actualmente, el precio del peso frente a otras monedas de importancia internacional, ha alcanzado un muy buen nivel, reduciendo una baja record que hubo hace 3 años.

Traducido a nuestro rubro, es muy conveniente importar equipos, maquinarias, mercancías en general debido al bajo costo frente a nuestra moneda, pero se encarece la mano de obra frente a otros países, que es uno de los puntos fuertes de la construcción naval en Chile frente a países europeos.

1.8.3 Proveedores:

Es un punto muy sutil, y diría que de mayor importancia tanto en diseño, construcción, selección y adquisición.

Los proveedores son los diseñadores de los equipos y sistemas necesarios para el cumplimiento de nuestros requerimientos y funciones del sistema.

Un buen proveedor debe suministrarnos garantía y respaldo máximo, acompañado de un buen trato y disposición a tiempo completo, todos los días del año.

Un buen proveedor debe suministrar la información necesaria para una completa selección e instalación a bordo, también debe proveer dimensiones de equipos y otros datos técnicos de funcionamientos, para coordinar adecuadamente la instalación de equipos en sus respectivas sala de bombas, o en la sala de máquinas.

Si un equipo es complejo de instalar o necesita una supervisión especial, el proveedor debe suministrarnos este servicio por medio de los “commissioning”, que son supervisiones de instalación, o puestas en marchas de equipos o sistemas complejos, que tienen una garantía y que necesitan ser instalados por técnicos de la propia empresa, para tener acceso a dicha garantía.

El lugar donde este situado el proveedor, y la lejanía con el astillero, influencia directamente en los precios de adquisición, tal y como hablamos antes en el ítem de lugar de construcción.

1.8.4 Calidad (materiales):

Los materiales son una delicada variable a manejar en este sistema. No podemos escatimar en gastos con materiales.

Los materiales van ligados directamente con la vida útil del buque, los años de servicios del buque y el tiempo entre mantenciones (overhaul).

La vida útil del buque base es de 20 años, bajo condiciones extremas, puesto que debemos tener materiales altamente resistentes a la corrosión para satisfacer nuestro requerimiento.

En nuestro sistema, estamos en constante contacto con agua salada, que es muy corrosiva. Para entender el porqué ocurre una corrosión, se debe primero comprender que toda corrosión es electrolytica (la electrólisis es la descomposición de una sustancia en disolución mediante corriente eléctrica) en naturaleza. También se debe saber que algunos compuestos tienden a disociarse en partículas eléctricamente cargadas llamadas iones. Un ión consiste en un átomo que ha ganado o perdido uno o más electrones.

La corrosión puede presentarse en puntos muy variados y de formas muy diferentes produciendo a veces daños considerables en las piezas cuando no se detecta a tiempo, las causas principales que provocan la formación de corrosión son dos:

1.8.4.1 Reacciones químicas

El primer tipo de corrosión y más conocido es el ataque químico de los metales por una atmósfera ácida y oxidante (atmósfera con vapores ácidos o humedad) favorecida por la temperatura o la presión que hacen reaccionar a las sales que se encuentren depositadas en las cañerías.

1.8.4.2 Par eléctrico

El segundo tipo se produce cuando dos clases de metales diferentes (por ejemplo: hierro y cobre o también zinc y hierro) se ponen en contacto. Si entre sus superficies se presenta una atmósfera conductora potenciada por la diferencia de temperaturas (el aire seco no deja pasar la corriente, mientras que la humedad salina es muy conductora) se forma un par o pila, donde existe un ánodo y un cátodo que corresponden a los metales que forman el sistema de agua de chaqueta, y un electrolito que es representado por el agua de refrigeración.

La corriente corroe el metal más electronegativo y se recubre de una protección el más electropositivo. (En el par cobre-hierro se sacrifica el hierro, en el zinc-hierro o magnesio-hierro se sacrifica el zinc y el magnesio respectivamente. La escala electromotora para los metales de menos noble a más noble es la siguiente.

Zona Corroída - menos noble

- Magnesio
- Aleaciones de magnesio
- Zinc
- Berilio
- Aleaciones de aluminio
- Cadmio
- Acero suave o hierro
- Hierro fundido
- Acero de baja aleación
- Bronce alumínico
- Latón naval
- Latón amarillo
- Latón rojo
- Acero inoxidable
- Soldaduras de plomo estaño
- Plomo
- Cuproníquel 70-30
- Estaño
- Cobre
- Bronce
- Soldadura de plata
- Níquel
- Plata
- Titanio
- Platino
- Oro

Zona Protegida - más noble

Los tres tipos de corrosión más frecuentes a bordo son:

- a) Corrosión por oxígeno**
- b) Corrosión ácida**
- c) Corrosión por cavitación/erosión**

Corrosión por oxígeno

El proceso de corrosión en los sistemas de agua de refrigeración es debido normalmente a la presencia de oxígeno disuelto en el agua. El aire entra en el sistema y el oxígeno se disuelve en el agua y ataca los metales ferrosos y no ferrosos. La presencia de aire debe ser reducida al mínimo para evitar las bolsas de aire, que pueden causar serios sobrecalentamientos locales en el motor, interrumpiendo la transferencia de calor. Esto normalmente se controla mediante el uso de los venteos instalados en los puntos más altos del sistema, los cuales deben mantenerse siempre en buenas condiciones. También se conoce como corrosión química.

Corrosión ácida

Normalmente es el resultado de los gases ácidos (gases de combustión) que entran al sistema, especialmente en la zona por donde rodea la cabeza del cilindro. Estos gases bajan el valor del PH (acidez) del agua de refrigeración, dando lugar al ataque del metal. La acidez puede ser también producida por la presencia de agua de mar o agua de tierra con un alto índice de cloruros. Esta corrosión también es del tipo química.

Corrosión por cavitación/erosión

La cavitación normalmente está provocada por un problema mecánico que acelera los desgastes, suele ser: por roce, por la vibración de la pared metálica y/o por un flujo turbulento con bolsas de aire en el sistema. El daño causado por este fenómeno aparece como una corrosión de picaduras profundas. Es el resultado de la alta y baja presión en el sistema, que crea burbujas de vapor sobre el metal. Estas burbujas se expanden y enseguida se aplastan muy rápidamente con una alta presión de impacto. Esta acción elimina la capa protectora de óxido sobre la superficie del metal y se corroe. La corrosión por cavitación/erosión es por lo tanto de naturaleza eléctrica y química.

Por ende utilizaremos materiales empleados tradicionalmente como cañerías galvanizadas en caliente, aceros inoxidables, bronce, y aleaciones cobre-níquel al 90%-10% y 70%-30% respectivamente (Cu-Ni 90/10, Cu-Ni 70/30)

1.8.5 Recursos y necesidades del armador:

No podemos dejar de tener en cuenta los recursos y necesidades del armador, puesto que son los recursos directos del buque, y por ende de nuestro sistema.

En este proyecto partimos del hecho en que nuestra vida útil es de (20años) y el armador pone todos los recursos necesarios para un modelo de enfriamiento óptimo y moderno de última generación.

1.9 DISEÑO DEL CIRCUITO

No es objetivo de este trabajo el diseñar el circuito como tal, ni comprobar su funcionalidad, pero a manera de ejemplo presentaremos los cálculos y consideraciones especiales de diseño.

Las fórmulas y criterios propios de diseño van de acuerdo a cada diseñador y calculista. Algunos calculistas son más perfeccionistas y hacen un cálculo mucho más detallado que otros. Entra en este punto la variable “**experiencia de diseño**”, puesto que hay algunas variables de cálculos que no son tan relevantes y significativas frente a otras, y hacen el cálculo y diseño del circuito mucho más engorroso y tedioso que si se obviara o tuviera un dato o experiencia en el diseño de estos circuitos.

Muchas de las fórmulas empleadas son las llamadas “Rules of Thumb” o reglas empíricas. Estas son reglas, fórmulas o modificaciones de ambas obtenidas nada mas que por la experiencia a lo largo de años de trabajo y conocimiento del tema. Muchas de estas reglas empíricas están publicadas en guías de diseño, otras no son mas que recopilaciones habladas de personajes idóneos en el tema.

El diseño adecuado del sistema va de acuerdo a las necesidades y requerimientos antes vistos. También hay que tener en cuenta las exigencias estructurales y de diseño de la casa clasificadora en el circuito. Además, hay consideraciones que se tienen que hacer y son acuerdos entre el armador y diseñador, que no están en ningún otro documento y que el diseñador no puede imponer porque deben ser elegidas también por el dueño del buque.

Hechas estas salvedades mostraremos el diseño del circuito a utilizar:

1.9.1 Balance Térmico del Sistema (flujos, heat rejection, delta t):

El diseño de un sistema de enfriamiento cualquiera, no solo el enfriamiento central de motores parte del balance térmico del sistema.

Lastimosamente toda la energía del combustible no es aprovechada y transformada a energía mecánica. Se aprovecha alrededor de un 41% de la energía total suministrada por el combustible, la otra parte de la energía se disipa en el agua de chaqueta, gases de escapes, intercambio al ambiente.

El balance térmico del sistema consiste en calcular las variaciones de temperatura, flujos de líquidos enfriadores, calor transferido al sistema.

Existe una relación específica en la transferencia de calor. La relación principal viene dada por la primera ley de la termodinámica o ley de conservación de energía, que señala que la energía no se crea ni se destruye sino que se transforma. De allí se derivan muchas otras relaciones, que como dijimos anteriormente varían de acuerdo a cada diseñador. Estas variaciones son muy pequeñas puesto que todas están basadas en una base sólida y comprobada. Me refiero con variaciones pequeñas cuando son mucho menos del 5% entre unas y otras. Estas relaciones específicas tienen las mismas variables generalmente pero difieren en los coeficientes a utilizar. La relación que vamos a utilizar es la del diseñador de nuestro circuito.

$$Q = C \times V \times dT$$

Esta relación va ligada directamente a las siguientes variables:

- **Cantidad de calor a transferir (Q):**

Este dato es el resultado de una cadena de cálculos que comienza en la primera transferencia de calor (La transferencia de calor entre cada motor a sus respectivas aguas de chaqueta), las transferencias de calor intermedias (La transferencias de calor al circuito de alta temperatura de agua de chaqueta, y luego al circuito de baja temperatura) y la transferencia final de calor al circuito de enfriamiento por agua de mar.

- **Cantidad de flujo en la transferencia de calor (V):**

Este dato es la principal incógnita a determinar en nuestro sistema. Es tal vez el dato más importante, debido a que las otras dos variables son conocidas, o más fáciles de determinar.

Es muy importante obtener el flujo necesario en cada intercambiador de calor, porque es la clave para a selección de un correcto intercambiador de calor, y para el diseño adecuado del sistema de piping del circuito.

- **Variación de la temperatura en la transferencia de calor (dT):**

Este dato es un dato prácticamente conocido, puesto que sabemos las temperaturas antes de cada enfriador de baja temperatura y a su vez determinamos una temperatura de salida para el

diseño. La diferencia entre estas dos últimas nos da la variación de la temperatura en la transferencia de calor (dT).

Cabe destacar que antes de conocer estas variables se pasa por un proceso iterativo (repetitivo), que se hace más corto o más largo dependiendo de los primeros acercamientos. Me refiero a esto debido a que algunos diseñadores se acercan con un flujo conocido para determinar la variación de temperatura, hasta obtener la temperatura deseada, y esta iteración depende exclusivamente del primer acercamiento o punto de partida.

Luego con estas tres variables conocidas, revisadas y finalmente determinadas tenemos los datos completos para hacer otros cálculos del sistema de piping (sistema de cañerías).

En el *anexo⁶ balance térmico*⁷ se muestra un esquema del balance térmico con los resultados satisfactorios de calor transferido, flujo y temperaturas de todo nuestro sistema de enfriamiento a bordo en nuestro buque base.

1.9.2 Obtención de la oposición al flujo en el sistema

Una de las principales variables en un sistema de cañerías es la presión propia del sistema. Debemos tener en cuenta para determinar esta presión (que no es más que la oposición al paso de fluido a través del sistema) varios puntos o componentes de la presión total:

- Presión de succión:
- Pérdida de presión por fricción en cañerías:
- Pérdida de presión por altura de descarga:
- Pérdida de presión por formaciones de vórtices (régimen turbulento)
- Pérdida de presión por incrustaciones o suciedad en el sistema.

Hay muchas maneras de calcular cada una de estas variables, dependiendo de lo minucioso que se quiera ser en el propio cálculo, sin embargo, existen aproximaciones realmente cercanas que se pueden obtener en textos, o simplemente por el conocimiento y experiencia de estos circuitos.

⁶ Ver CD Anexo: (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Selección y Adquisición de Equipos, Archivo Especificaciones Técnicas de Intercambiadores de Calor).

⁷ En bibliografía N°14 podemos encontrar un detallado cálculo de balance térmico de un motor diesel.

Cabe destacar que existen 2 tipos de presión principalmente:

- La presión de Diseño:
- La presión de Trabajo:

El cálculo de presión de diseño es el que se obtiene preventivamente, y luego se hacen pruebas para determinar la presión real de trabajo de cada tramo.

La oposición al flujo que dan los cálculos del sistema total, es de 1,1 bar aproximadamente, luego seleccionaremos una presión de diseño que sea 2 veces mayor por razones de coeficiente de seguridad. Presión de diseño 2.5 Bar

Debemos tener en cuenta al obtener nuestra presión final de diseño, los diferentes equipos existentes en el mercado. No nos olvidemos que siempre debemos diseñar en función del costo y economía del sistema, y si nos sobredimensionamos en ésta o cualquier otra variable, vamos a entrar a un terreno de costos más altos por complejidad de obtención de equipos.

1.9.3 Obtención de agua a bordo (caja de mar):

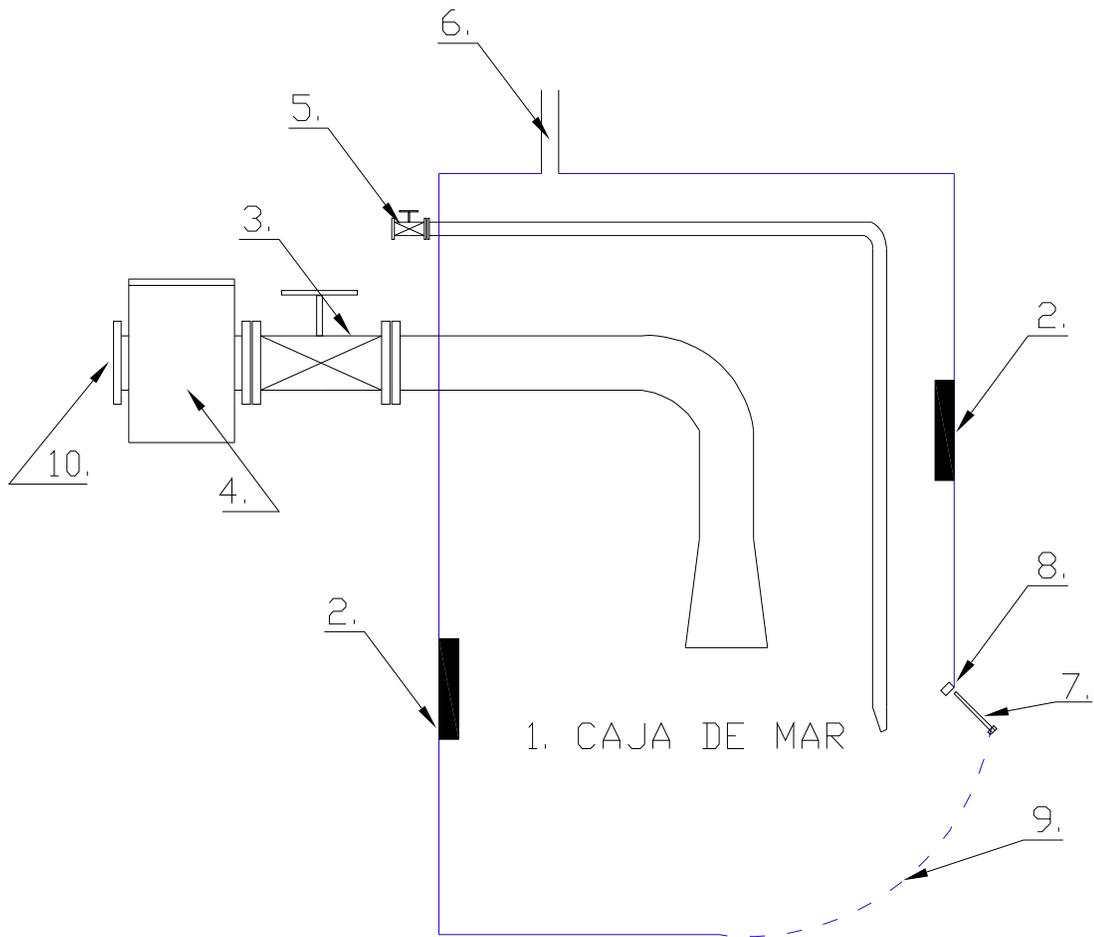
Ver CD Anexo: (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Planos, Archivos Plano N°3, Plano N°4)

Las cajas de mar son aberturas practicadas al casco por medio de un cajón que se ubica entre el fondo y el doble fondo de una embarcación. Esta caja tiene la función de cobijar las succiones de agua de mar, para satisfacer las necesidades de los distintos sistemas dentro del buque. Las cajas o tomas de mar están construidas con tubos, planchas de características similares a las del forro y soldadas a las planchas del casco. Las válvulas y cañerías de succión están conectadas al doble fondo.

Se acomodarán 2 cajas de mar en el buque base, una de alta succión y otra de baja succión, debido a prever posibles problemas de navegación en aguas poco profundas, utilizando la caja de mar de alta, debido a la posible aspiración de lodo y/o otros sedimentos presentes en la zona de navegación. Y la caja de mar de baja se tratará de localizar lo más al centro posible del buque, para evitar que aflore en los movimientos de balance del buque y el sistema aspire aire.

Estructura de las cajas de mar:

La estructura y accesorios típicos de una caja de mar se muestran en el siguiente esquema.



Estas partes se enumeran a continuación:

1. *Caja de mar*
2. *Ánodo de zinc*
3. *Válvula de fondo tipo compuerta*
4. *Filtro*
5. *Válvula de compuertas con flange para aire comprimido*
6. *Ventilación a cubierta*
7. *Pernos con cabeza avellanada inoxidable*
8. *Tuercas soldadas*
9. *Rejilla o colador*
10. *Toma Colector Principal*

Requerimiento de operacionales de las cajas de mar:

- Consideraciones estructurales:

El diseño estructural debe proveer refuerzos apropiados al porte, forma y ubicación de las aberturas del casco.

- Consideraciones sobre la ubicación:

En cuanto a la disposición de las cajas de mar en el casco debe estar despejada de la quilla de balance u otras proyecciones del casco, y no debe interferir con la posición de las camadas al varar el buque.

También se considerará que la ubicación de la caja de mar evite las pérdidas de succión por las presiones negativas o vórtices producidas por el flujo de agua a lo largo del casco con el buque en navegación. Los efectos, producidos por estos fenómenos, son perjudiciales para el rendimiento de las bombas en ubicaciones en el casco cerca de apéndices que generan separación del flujo.

Debe evitarse también una ubicación donde aflore las succiones en los movimientos de balance, cabeceo, y condiciones de desplazamiento liviano ya que se corre el peligro de aspiración de aire. Si el buque navega en aguas poco profundas, las cajas de mar deben ser localizadas para evitar succiones de lodo del fondo o partículas sólidas que arrastra la corriente. En los casos donde una posición no sea posible evitar la succión de aire y la succión de lodo y partículas a la vez, se instalarán dos succiones; una alta y una baja.

- Consideraciones sobre el tamaño

El tamaño de la caja de mar según Lloyd's Register debe tener 1 metro cúbico por cada 750 KW de potencia total de planta propulsora, incluyendo la planta y equipos auxiliares.

El tamaño del colector principal o (cross-over) se obtiene simplemente de la suma algebraica del caudal de todas las tomas que este colector tenga, y luego dividiéndolo por la velocidad esperada en esa cañería, considerando que es de succión, tal como en el siguiente título se describe (1.9.4 Obtención de agua a bordo).

Cada caja de mar debe tener un colador o rejilla construido por barras o una plancha perforada, fijada al planchaje del casco. El área total de las perforaciones de la rejilla o colador deberá ser de un mínimo de 1,5 a 2 veces el área total de todas las cañerías de succión conectadas a esa caja de mar. Si es posible el área de cada abertura del colador debe ser menor que cualquier sección de cañería instalada en el sistema. Si esto no es posible se deberá instalar un colador individual a este sistema de cañerías.

- Consideraciones de servicio

Se considera el funcionamiento normal, cuando un colector está en servicio y el otro en espera (Stand-by). Cuando uno de los fondos se cierra para limpieza de rejilla, caja de fango o filtro, el otro se pone en servicio y aspira un caudal igual al mayor de los consumos permanente, definidos más adelante (1.9.5 Manejo Operacional del Sistema).

La velocidad del agua en las cañerías y válvulas, no será superior a:

Tubos de cuproníquel
$D.N. = d \leq 250.mm \Rightarrow V \leq 0,22 \cdot \sqrt{d}$
$D.N. = d > 250.mm \Rightarrow V \leq 3,6 \frac{m}{seg}$
Donde: d → Diámetro nominal de la tubería en mm V → Velocidad del flujo de agua en m/seg

Se deberá instalar a las cajas de mar sistema de limpieza de mugre para el colador. Este sistema puede ser en base a vapor a baja presión o aire comprimido.

El número de instalaciones de cajas de mar y descargas de costado deberán cumplir con el mínimo de exigencias de acuerdo con la propia operación de los sistemas conectados. Como mínimo para buques mayores a 24 metros, se deberán instalarse dos cajas de mar para el sistema de enfriamiento motor principal, sistema de enfriamiento del generador, y otros sistemas vitales para asegurar un suministro continuo en el caso que una de ella quede obstruida. Las cajas de mar deben estar en bandas contrarias, una lo más cerca del fondo posible y la otra más alta que la anterior de tal manera que no sean fácilmente obstruibles. Las cajas contarán con medios de venteo para evitar la formación de bolsas de aire.

La cañería que se conecte a una caja de mar tendrá que tener válvulas de cierre instaladas lo más cerca de ella como sea posible, que sean fácilmente accionables desde el piso de la sala de máquinas.

Entre las cajas de mar y la bomba de circulación se instalará un filtro que sea fácilmente desmontable para su limpieza, con un área libre no menor a 1.5 veces el área de la toma de mar.

Entre las cajas de mar y el filtro se instalará una válvula de tipo compuerta, y después del filtro se instalará una válvula de tipo compuerta o globo. La instalación de estas dos últimas válvulas mencionadas tiene como objetivo realizar la limpieza del filtro, mientras el sistema continúa funcionando mediante la otra toma de mar (función stand-by).

1.9.4 Obtención de agua a bordo (cross-over)

Al llegar a esta etapa del diseño del colector principal (cross-over) que comunica las dos cajas de mar, es preciso, para obtener un correcto dimensionamiento, recurrir al balance térmico del circuito.

Con el balance térmico obtendremos los datos de flujo necesario que necesitamos suministrar en cada intercambiador de calor a bordo, y con esto, tendremos la variable de flujo necesario necesitado en el colector principal o cross-over.

A continuación tenemos un esquema general de los arranques o tomas que tendrá el colector principal. (fig 1.9.1)

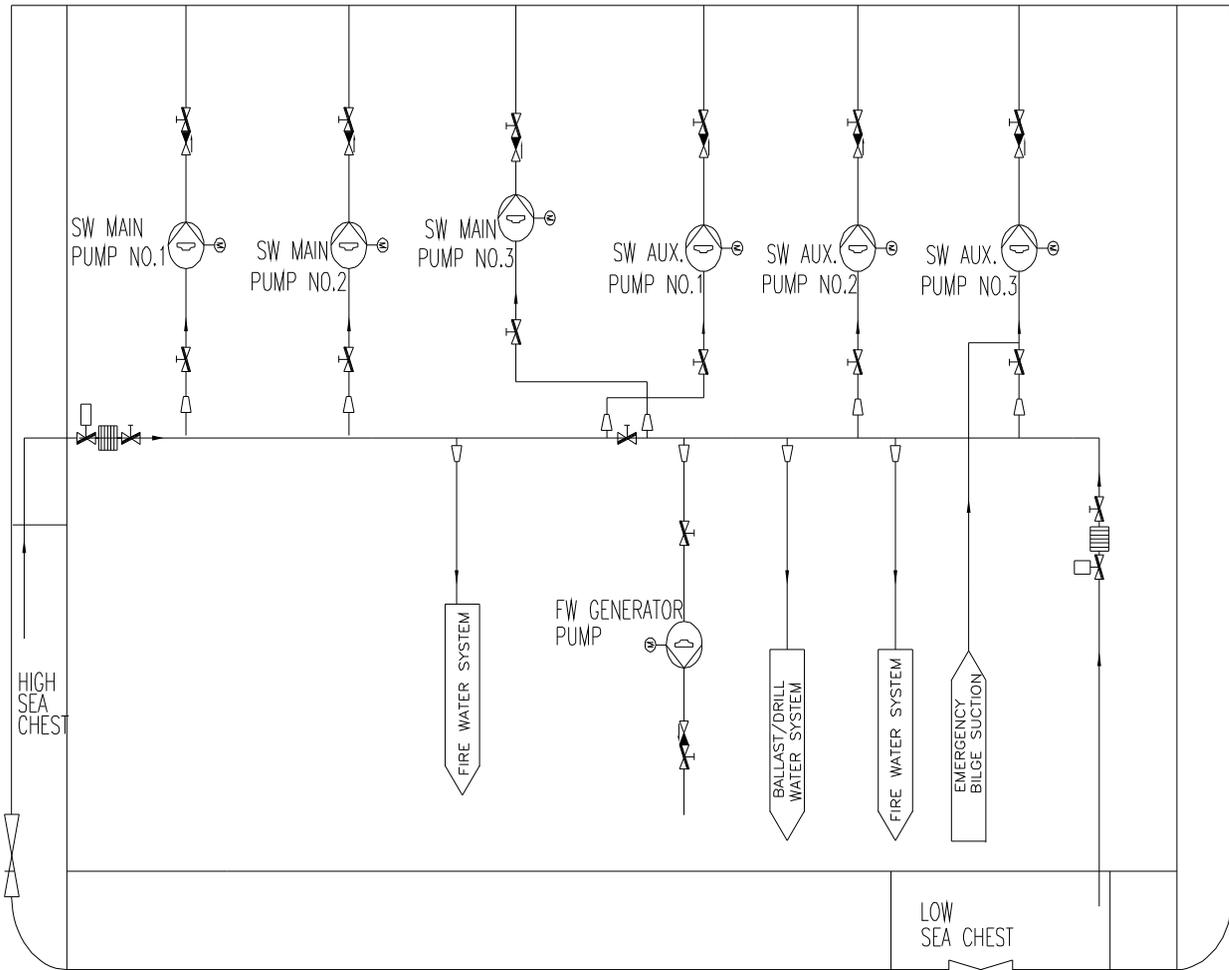


fig 1.9.1

Según el esquema presentado, podemos hacer un cálculo de volumen de agua suministrada por unidad de tiempo, que no es mas que el caudal del colector principal. A continuación presentamos los valores calculados obtenidos de una simple suma algebraica de los flujos parciales necesitados en la condición más desfavorable que pueda presentarse en el servicio del buque.

Esta condición más desfavorable viene dada de la siguiente manera, la solicitud de caudal al colector de agua de mar:

- 2 bombas de enfriamiento para los motores principales (350m³/h x 2)
- 2 bombas Aux. de enfriamiento para equipos auxiliares (400m³/h x 2)
- 1 bomba del generador de agua destilada (55m³/h)
- 1 bomba de incendio (44m³/h)
- 1 bomba de lastre (250m³/h)
- Instalación futura a considerar para el diseño (250m³/h)
- Usaremos 100m³/h como un respaldo de seguridad adicional

Esta suma de las exigencias de caudal parciales de cada equipo en situación más desfavorable nos da el caudal requerido del colector principal de agua de mar.

$$Q = 2100 \text{ m}^3/\text{h}$$

De la definición de caudal $Q = A \cdot V$ tenemos:

$$A = Q/V$$

Donde:

A: Sección del colector (Variable)

Q: El caudal del colector 2100 m³/h

V: Velocidad de agua en colector (considerando que es una línea de succión) 2m/s.

De la relación anterior, tenemos que la sección del colector es: 0.28m², y por lo tanto tendrá un diámetro D=609mm, que aproximándolo a un valor comercial tomaremos D=600mm.

Las demás líneas del circuito se calcularán de manera similar que la del colector de agua principal.

1.9.5 Manejo Operacional del Sistema:

El sistema está diseñado, como ya lo hemos explicado, de acuerdo a los requerimientos y funciones del mismo.

Con estas premisas debemos diseñar y hacer un diseño operacional e instrucciones de uso a bordo del sistema.

Por ende, a continuación mencionamos los principales modos de uso del mismo:

1.9.5.1 Puesta en Servicio de Motores:

Este modo de diseño, es considerado teniendo en cuenta aspectos como funcionamiento de 2 bombas de enfriamiento para los sistemas principales (SW Main Pump1, SW Main Pump3) Corresponde también mencionar que se deben utilizar los enfriadores de baja temperatura (LT Cooler 1 for M.E., LT Cooler 3 for M.E.).

Además se debe considerar el funcionamiento de una bomba de enfriamiento para los sistemas auxiliares (SW Aux. Pump1), con sus respectivas líneas a los enfriadores auxiliares (Cooler for Aux 1, Cooler for Aux2). Las demás bombas y líneas no son necesarias utilizarlas para la partida de los motores principales.

1.9.5.2 En Puerto:

Este modo de diseño, es considerado teniendo en cuenta aspectos como funcionamiento de 1 bomba de enfriamiento para los equipos auxiliares (SW Aux Pump1), con su respectivo enfriador auxiliar (Cooler for Aux1). Las demás bombas y líneas no son necesarias utilizarlas para la operación en puerto.

Hay que considerar también la posible utilización de la toma de agua desde el colector hacia el sistema de lastre (bomba de lastre), debido a una posible corrección de escora, o arreglo de trimado durante este modo de operación.

1.9.5.3 En Navegación:

Este modo de diseño, es considerado teniendo en cuenta aspectos como funcionamiento de 2 bombas de enfriamiento para los sistemas principales (SW Main Pump 1, SW Main Pump3). Corresponde también mencionar que se deben utilizar los enfriadores de baja temperatura (LT Cooler 1 for M.E., LT Cooler 3 for M.E.).

Además se debe considerar el funcionamiento de una bomba de enfriamiento para los equipos auxiliares (SW Aux. Pump 1), con sus respectivas líneas a los enfriadores auxiliares (Cooler for Aux 1, Cooler for Aux 2). También se debe considerar el funcionamiento del generador de agua dulce abordado. Las demás bombas y líneas no son necesarias utilizarlas para el modo normal de navegación.

1.9.5.4 Modo de Servicio Normal:

Este modo de diseño, es considerado teniendo en cuenta aspectos como funcionamiento de 2 bombas de enfriamiento (SW Main Pump 1, SW Main Pump 3). Corresponde también mencionar que se deben utilizar los enfriadores de baja temperatura (LT Cooler 1 for M.E., LT Cooler 3 for M.E.).

Además se debe considerar el funcionamiento de una bomba de enfriamiento (SW Aux. Pump 1), con sus respectivas líneas a los enfriadores auxiliares (Cooler for Aux 1, Cooler for Aux 2). Se debe considerar también el funcionamiento otra bomba de enfriamiento auxiliar (SW Aux Pump 3) con sus respectivas líneas hacia los enfriadores de los frenos del winche. Las demás bombas y líneas no son necesarias utilizarlas para el modo normal de servicio.

También se debe considerar el funcionamiento del generador de agua dulce a bordo. Hay que considerar también la posible utilización de la toma de agua desde el colector hacia el sistema de lastre (bomba de lastre), debido a una posible corrección de escora, o arreglo de trimado durante este modo de operación.

1.9.5.5 Modo de Abastecimiento Normal:

Este modo de diseño, es considerado teniendo en cuenta aspectos como funcionamiento de 2 bombas de enfriamiento (SW Main Pump 1, SW Main Pump 3). Corresponde también mencionar que se deben utilizar los enfriadores de baja temperatura (LT Cooler 1 for M.E., LT Cooler 3 for M.E.).

Además se debe considerar el funcionamiento de una bomba de enfriamiento (SW Aux. Pump 1), con sus respectivas líneas a los enfriadores auxiliares (Cooler for Aux 1, Cooler for Aux 2). También se debe considerar el funcionamiento de las líneas hacia los compresores de aire para carga y descarga a granel (Cooler for Bulk Compressor 1, Cooler for Bulk Compressor 2). Las demás bombas y líneas no son necesarias utilizarlas para el modo normal de abastecimiento.

Hay que considerar también la posible utilización de la toma de agua desde el colector hacia el sistema de lastre (bomba de lastre), debido a una posible corrección de escora, o arreglo de trimado durante este modo de operación.

1.9.5.6 Modo de Situación Crítica:

Este modo de diseño, es considerado teniendo en cuenta aspectos como funcionamiento de todo el circuito, incluyendo bombas, enfriadores, junto a todas las líneas y conexiones a sistemas que utilizan el colector de agua de mar (cross-over).

Esta situación es la de diseño ideal del circuito, debido a que es la situación más desfavorable que se va a presentar a bordo.

1.10 TIPOS DE ELEMENTOS A UTILIZAR:

Una vez elaborado el diseño y dimensionamiento de nuestro circuito, debemos emprender otra de las tareas arduas que complementan el diseño, la determinación del tipo de elementos a utilizar.

Principalmente los elementos que necesitaremos utilizar serán los siguientes:

1.10.1 Válvulas:

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos.

Las necesidades de una válvula en circuitos, son múltiples, y cumplen muchas funciones, dependiendo de la posición o lugar de instalación.

Según la posición, en nuestro circuito utilizaremos válvulas de aislamiento, que se refieren a las que aíslan una zona del buque que no está en funcionamiento. También utilizaremos válvulas de corte de descarga, para cerrar las descargas a costado según sea la necesidad. Otro tipo de válvula a utilizar en el circuito de enfriamiento son las válvulas de admisión de flujo, que son principalmente las que están en el colector principal, y las entradas de las bombas.

Las configuraciones y consideraciones de las válvulas de nuestro circuito serán las siguientes:

1. Siempre, colocaremos una válvula antes y después de cada equipo: Por razones obvias de mantenimiento y reparación.
2. Siempre, colocaremos válvulas en otros elementos como manómetros, termómetros, transmisores de presión en el sistema. Esto es para evitar golpes de presión e instrumentos dañados, así como también poder aislarlos del resto del circuito para que puedan ser cambiados de manera eficiente y con la menor dificultad posible.
3. Las válvulas tendrán una configuración para aislar partes del circuito que no se utilicen en diferentes servicios del propio buque.

Otro punto a considerar es el tipo de válvula a emplear:

Hay recomendaciones sobre las ventajas y desventajas del tipo de válvulas a utilizar con respecto a su costo, a su función, tipo de fluido, etc.

No es objetivo de esta tesis explicarlas y discutir las, sin embargo, existen documentos e investigaciones que muestran un detallado análisis de cada tipo de válvula sus ventajas y desventajas, su perfil de misión entre otros análisis⁸.

Basándose en esta referencia hemos decidido emplear los siguientes tipos de válvulas:

Ø **Válvula tipo globo: (fig 1.10.1)**

Una válvula de globo, en la cual el cierre se logra por medio de un disco que cierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería.

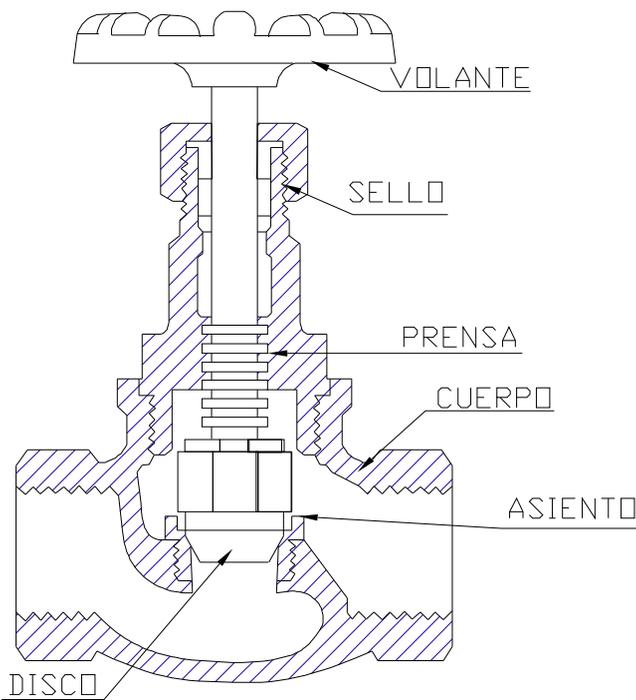


fig 1.10.1

Recomendada para

- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Para corte positivo de gases o aire.
- Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.

⁸ Bibliografía N°10

Aplicaciones

Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

Ventajas

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el disco del asiento.
- Control preciso de la circulación.
- Disponible con orificios múltiples.

Desventajas

- Gran caída de presión.
- Costo relativo elevado.

Variaciones

Normal (estándar), en "Y", en ángulo, de tres vías.

Materiales

Cuerpo: bronce, hierro, hierro fundido, acero forjado, Monel, acero inoxidable, plásticos.

Componentes: diversos.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

Instalar de modo que la presión este debajo del disco, excepto en servicio con vapor a alta temperatura.

Registro en lubricación

Hay que abrir ligeramente la válvula para expulsar los cuerpos extraños del asiento.

Apretar la tuerca de la empaquetadura, para corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.

Especificaciones para el pedido

- Diámetro nominal DN.
- Tipo de conexiones de extremo (flanges: diámetro interno, número de agujeros)

- Tipo de disco.
- Tipo de asiento.
- Tipo de vástago.
- Tipo de empaquetadura o sello del vástago.
- Tipo de disco del asiento.
- Capacidad nominal para presión.
- Capacidad nominal para temperatura.
- Líquido a manejar.

Ø **Válvula de bola: (fig 1.10.2)**

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto.

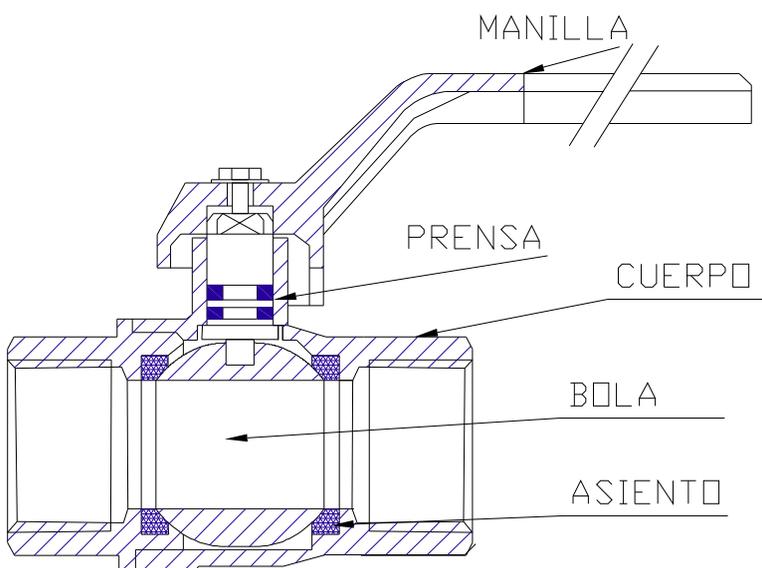


fig 1.10.2

Recomendada par:

- Servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

Aplicaciones:

Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.

Ventajas:

- Bajo costo.
- Alta capacidad.
- Corte bi-direccional.
- Circulación en línea recta.
- Pocas fugas.
- Se limpia por sí sola.
- Poco mantenimiento.
- No requiere lubricación.
- Tamaño compacto.
- Cierre hermético con baja torsión (par).

Desventajas:

- Características deficientes para estrangulación.
- Alta torsión para accionarla.
- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- Propensa a la cavitación.

Variaciones:

Entrada por la parte superior, cuerpo o entrada de extremo divididos (partidos), tres vías, Venturi, orificio de tamaño total, orificio de tamaño reducido.

Materiales

Cuerpo: hierro fundido, hierro dúctil, bronce, latón, aluminio, aceros al carbono, aceros inoxidables, titanio, tántalo, zirconio; plásticos de polipropileno y PVC.

Asiento: TFE, TFE con llenador, Nylon, Buna-N, neopreno.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

Dejar suficiente espacio para accionar una manilla larga.

Especificaciones para el pedido

- Diámetro nominal DN.
- Temperatura de operación.
- Tipo de conexión
- Tipo de orificio en la bola.
- Material para el asiento.
- Material para el cuerpo.
- Presión de funcionamiento.
- Orificio completo o reducido.
- Entrada superior o entrada lateral.
- Líquido a manejar

Ø **Válvula mariposa: (fig 1.10.3)**

La válvula de mariposa es de $\frac{1}{4}$ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación.

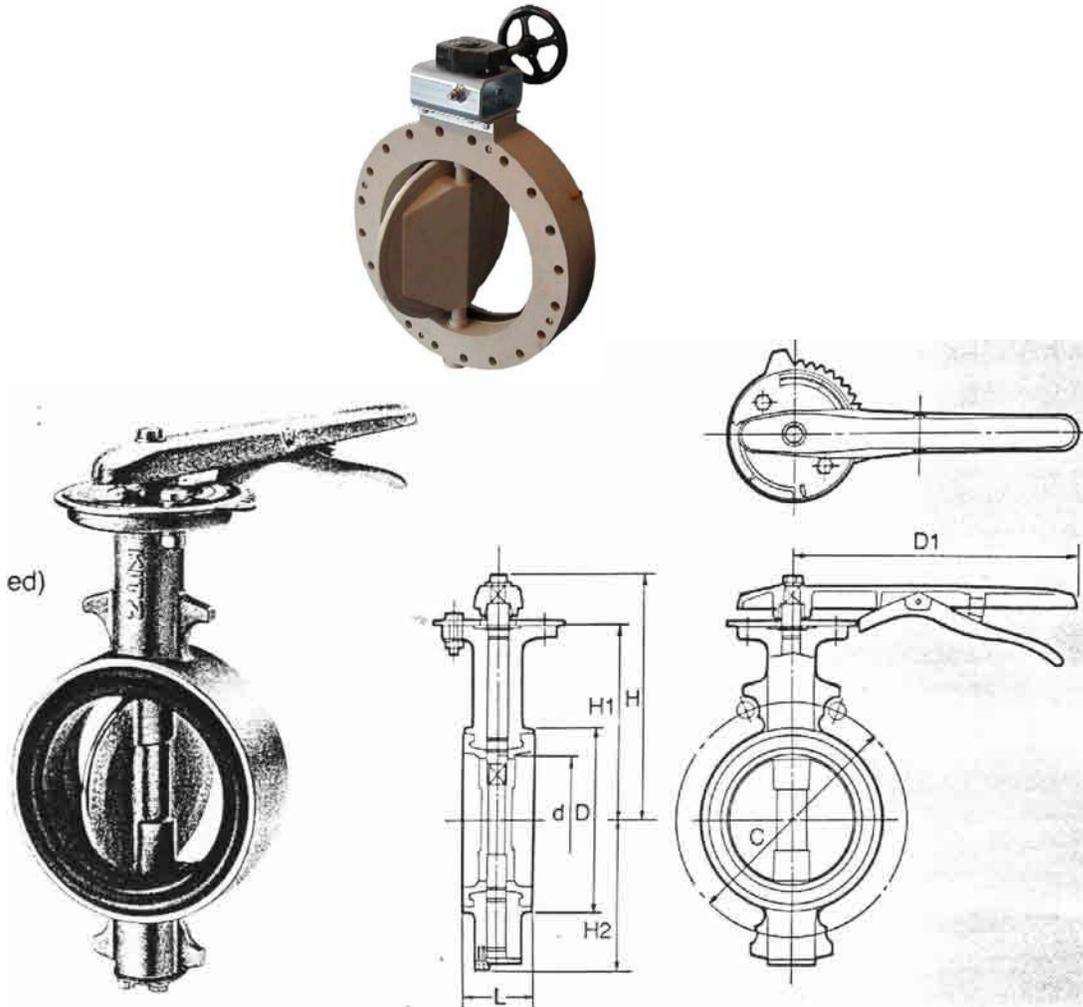


fig 1.10.3

Recomendada para

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Servicio con estrangulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Cuando se requiere corte positivo para gases o líquidos.
- Cuando solo se permite un mínimo de fluido atrapado en la tubería.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.

Aplicaciones

Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

Ventajas

- Ligera de peso, compacta, bajo costo.
- Requiere poco mantenimiento.
- Número mínimo de piezas móviles.
- No tiene bolas o cavidades.
- Alta capacidad.
- Circulación en línea recta.
- Se limpia por sí sola

Desventajas

- Alta torsión (par) para accionarla.
- Capacidad limitada para caída de presión.
- Propensa a la cavitación.

Variaciones

Disco plano, disco realzado, con brida, atornillado, con camisa completa, alto rendimiento.

Materiales

Cuerpo: hierro, hierro dúctil, aceros al carbono, acero forjado, aceros inoxidable, aleación 20, bronce, Monel.

Disco: todos los metales; revestimientos de elastómeros como TFE, Kynar, Buna-N, neopreno, Hypalon.

Asiento: Buna-N, viton, neopreno, caucho, butilo, poliuretano, Hypalon, Hycar, TFE.

Instrucciones especiales para instalación y mantenimiento

Se puede accionar con palanca, volante o rueda para cadena.

Dejar suficiente espacio para el movimiento de la manilla, si se acciona con palanca.

Las válvulas deben estar en posición cerrada durante el manejo y su instalación.

Especificaciones para el pedido

- Tipo de cuerpo.
- Tipo de asiento.
- Material del cuerpo.
- Material del disco.
- Material del asiento.
- Tipo de accionamiento.
- Presión de funcionamiento.
- Temperatura de funcionamiento.
- Líquido a manejar

Ø Otros tipos de válvulas utilizadas: (fig 1.10.4, fig 1.10.5, fig 1.10.6)

Existen otros tipos de válvulas utilizadas en el sistema, pero que no exigen mayores consideraciones de selección. Éstas solo las mencionaremos a manera de ilustración en las siguientes figuras:



fig 1.10.4 Non Return Valve

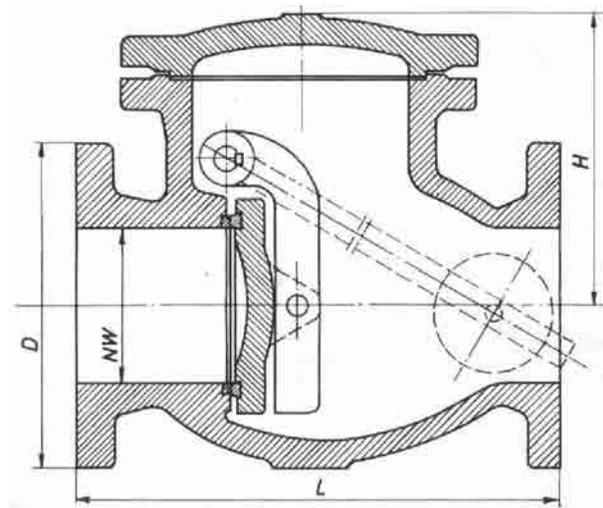


fig 1.10.5 Non Return Valve Wafer



fig 1.10.6 Globe valve with throttle plug

Generalmente, las válvulas tienen números estampados en su carcasa, donde confirman sus características principales. Estos números varían de acuerdo a qué tipo de válvula sea, como también varía la designación por cada fabricante. Por ejemplo: En la válvula de globo de la siguiente figura (1.10.7), aparece la siguiente designación:

G: Válvula de tipo Globo

150: Diámetro nominal 150mm

à : Dirección del Flujo (unidireccional)



1 2 1: Relación entre diámetro de entrada, disco y diámetro de salida (El disco es el doble del diámetro de entrada y de salida)



fig 1.10.7

1.10.2 Cañerías:

Las cañerías son los elementos principales de nuestro circuito. Tiene una vital importancia dentro del circuito, la cual es la conducción eficiente del agua de enfriamiento a las diferentes partes solicitadas a bordo.

Por las diferentes ventajas que ofrecen las cañerías de aleación cobre y níquel 90-10, utilizaremos estas cañerías en nuestro circuito.

1.10.3 Filtros:

Los filtros cumplen una función muy importante en el circuito de enfriamiento por agua de mar, que es mantener los equipos y el propio circuito libre y limpio de cualquier material extraño presente en el mar. Al final la función principal es de impedir la entrada de cuerpos extraños al circuito a bordo.

Para esta función y para impedir el crecimiento también de lo que llamamos biofouling dentro de nuestro circuito se adapta una nueva técnica contra este problema, que más adelante hablaremos en rasgos generales (ver título 1.10.8).

Los filtros deben garantizar el caudal necesario para enfriamiento de los intercambiadores de calor en su condición más desfavorable, que sería el filtro sin mantenimiento y limpieza por un ciclo completo. Se garantizará el caudal mínimo necesario para el enfriamiento total, mediante la suficiente apertura de los orificios (la sumatoria del área de los orificios debe ser al menos 1,5 veces mayor que la sección del colector principal). Además los proveedores, hacen arreglos internos propios de cada filtro para garantizar el caudal necesario en la salida del filtro.

1.10.4 Bombas:

Las bombas son los elementos de importancia “clave” en el circuito. Me refiero a “clave” porque la adecuada selección de éstas es la garantía de un correcto suministro del agua en todas las partes del circuito.

Hay muchos tipos de bombas, que no es objetivo mencionarlas ni dar sus ventajas y desventajas en este trabajo, existen varios documentos donde se muestra un detallado avance acerca de este tema⁹.

Elegiremos utilizar en nuestro circuito bombas de tipo centrífugas por las siguientes ventajas y desventajas entre otras:

⁹ Bibliografía N°10

- Por su amplio rango de caudal de diseño
- Son bombas de baja presión.
- Por su fácil regulación de flujo mediante controladores de frecuencia del motor eléctrico de accionamiento de la bomba haciendo que descendan las RPM de la bomba hasta un rango que no cavite.
- Porque necesitan ser cebadas pero por su ubicación bajo la línea de flotación en condición de desplazamiento liviano, siempre presentará un nivel positivo de agua.
- Son bombas que pueden permanecer funcionando contra presión en períodos de tiempos un poco más prolongados que otros tipos de bombas.

1.10.5 Intercambiadores de calor:

Los intercambiadores de calor son el núcleo propio de nuestro circuito. Todos los demás elementos conducen y completan su misión en los intercambiadores de calor.

Existen en el mercado muchos tipos de intercambiadores, que no vamos a mencionar por razones de objetivos de este trabajo, existen muchos documentos donde se muestra un detallado avance sobre este tema¹⁰.

Utilizaremos para nuestro sistema, intercambiadores de calor del tipo placas (plate coolers) debido a las ventajas y desventajas siguientes:

- Mayor superficie de contacto (intercambio de calor)
- Menor necesidad de caudal para la misma transferencia calor
- Mayor comodidad en mantenimiento y reparación
- Mayor facilidad de instalación

¹⁰ Bibliografía N°12

INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS:

1.10.6 Termómetros:

La utilización de los termómetros en nuestro circuito es mas para tener un control análogo y localizado de temperatura en las partes más importantes del circuito durante su operación.

Por ejemplo, la configuración de colocación de termómetros en nuestro circuito será la siguiente:

- Antes y después de cada intercambiador de calor
- En las entradas de ambas cajas de mar en el colector principal.

1.10.7 Manómetros y Vacuómetros:

La utilización de los manómetros en nuestro circuito juega una vital importancia dentro de la seguridad de cada equipo a bordo y para una correcta operación del sistema.

La configuración de colocación de manómetros en nuestro circuito será la siguiente:

- Antes y después de cada Bomba: Manómetros después de las bombas y Vacuómetros antes.
- Manómetros Antes y después de cada Intercambiador de Calor.

1.10.8 Marine Growth Prevention System (MGPS):

Como resultado de años de experiencias de algunas compañías líderes en sistemas contra el crecimiento marino en circuitos de agua de mar, como Cathelco, se han desarrollado diferentes técnicas para prevenir este crecimiento dentro de sistemas de cañerías o cajas de mar de circuitos de agua de mar.

Este sistema es llamado Generador de iones de cobre (Copper Ion Generator), y se basa específicamente en emitir pequeñas dosis de iones de cobre. Estos iones son inyectados en el sistema mediante cañerías especiales.

Para maximizar el efecto anti-fouling y minimizar el efecto impacto ambiental del tratamiento, la dosis de cobre se aplica de manera discontinua. Esto hace que se añada la dosis adecuada para prevenir el adherimiento de los micro y macro moluscos, y minimiza la cantidad de iones que eventualmente pasan al ambiente.

El Ion opera a temperatura atmosférica y el hidrógeno producido como parte natural de la electrólisis, es retirado por las cañerías hacia la descarga al costado.

1.10.9 PT's:

Los transmisores de presión o PT's, son instrumentos especialmente diseñados, para transmitir presión de manera electrónica, a una consola o lector de señales eléctricas, donde se interpreta cada señal, y se da un resultado convertido a la presión de esta señal.

Generalmente los PT's transmiten estas señales en forma de resistencias eléctricas, donde aumenta la resistencia a medida que la presión crece.

Su función principal es servir de instrumento de entrada de datos al sistema de control automático del buque, ubicado en la sala de control de la sala de máquinas del buque.

1.11 SELECCIÓN Y ADQUISICION DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO:

Muy probablemente, en astilleros pequeños o artesanales, las adquisiciones de equipos, accesorios, etc., estén centralizado a la gerencia de la empresa o mas aún al dueño de la misma. Por otra parte, en muchos astilleros de tamaño mediano del mundo, está configurado el departamento de adquisiciones con el de Ingeniería. En otros astilleros a los que denominamos grandes, estos dos departamentos se encuentran totalmente separados y funcionan de manera autónoma entre ellos, con Ingenieros economistas o comerciales encargados de las compras de los equipos por asesoría del departamento de Ingeniería de la empresa.

Nos referiremos al sistema de astilleros medianos. Astilleros medianos son aquellos que su planta total esta en un rango aproximado de 200 a 1000 personas. En estos departamentos, el sistema de compras de equipos esta centralizado completamente en el departamento de Ingeniería. En este departamento se manejan las informaciones de cotizaciones, decisiones, órdenes de compras, sin embargo, no se manejan dineros ni recursos económicos de la empresa.

Es, hasta cierto punto, una ventaja enorme con respecto a otros sistemas, debido a que el Ingeniero a cargo de cada sub-departamento dentro del departamento de Ingeniería, cada vez más se especializa en adquisiciones de sus elementos o equipos a utilizar, y él mismo maneja controles de eficiencia de los equipos adquiridos, como también de la eficacia de la empresa en calidad de despacho.

Esto es una ayuda muy útil dentro de la empresa, debido a que el Ingeniero se forma con un plus frente a otras empresas que, o están muy centralizadas sus compras al gerente de la empresa o tal vez al dueño, o frente a empresas que tengan otro departamento especial para hacer este tipo de tramites.

Su desventaja principalmente consiste en términos de Horas Hombres (H.H.), tiempos y costos. Es muy probable que además del extenso trabajo que un departamento de Ingeniería tiene como labor en cualquier astillero, se le sumen tiempos y trabajos de cotizaciones, decisiones y órdenes de compras de equipos, accesorios, etc. Van de la mano, extensas jornadas de trabajo, incremento en el ámbito de Horas Extras, desgaste de personal, etc.

Sin embargo, todas las órdenes de compras serán parecidas en cualquiera de los casos anteriores.

Nosotros mostraremos un ejemplo de cómo se deben hacer las órdenes de compra, y los elementos necesarios para obtener un cotización básica de cada elementos de nuestro circuito.

1.11.1 Válvulas:

Para poder hacer una cotización u orden de compra de una válvula, se necesitan los siguientes datos:

- *Tipo de Válvula:* Designa el tipo de válvula a utilizar. Por ejemplo: Válvula de Globo, Válvula Mariposa, Válvula de Bola, Válvula antirretorno, etc.
- *Tamaño de Válvula:* Designa el tamaño exacto de entrada y salida de la válvula a utilizar. Por ejemplo: DN 200, DN 150, DN 80, tamaño iguales de entrada y salida de la válvula.
- *Tipo de Unión:* Designa el tipo de unión de la válvula. Por ejemplo: Unión Flangeada, Unión con Hilo M60x30.
- *Límite de Presión de la Válvula:* Designa el límite de presión de diseño de la válvula. Viene dada dependiendo de la unidad base del país o lugar de compra Por ejemplo: 150PSI, 5 bar, 50Mpa, 50mca, etc.
- *Materiales de la Válvula:* Designa el tipo de materiales que está compuesta la válvula. Generalmente se especifican dos sectores principales, que son el cuerpo propio de la válvula o carcasa, y el conjunto característico de elementos internos de la válvula. Por ejemplo: BODY: GG-25 (aleación de bronce), TRIM: AISI316/ AlBr / Perbuanan- N.
- *Certificación:* Designa la certificación de la válvula. Muchas casas clasificadoras certifican procesos y elaboraciones de todo tipo de equipos, mediante pruebas y controles de calidad. En nuestro circuito utilizaremos válvulas certificadas por la casa clasificadora de nuestro buque, LRS.
- *Ítem de compra:* Para control propio de la empresa, debe existir un número único para cada elemento o accesorio a utilizar dentro del buque. Este número no necesariamente debe coincidir con el número de “ítem de compra” que es un número que sirve para identificar cada elemento que se está adquiriendo.

- *Placa de identificación:* Generalmente los armadores exigen identificaciones de las posiciones de la válvulas en terreno, con su función y número de único de elemento. Por ejemplo: SW Inlet LT Cooler No.3, esto significa que el elemento que acabamos de identificar (válvula) corresponde a la entrada de agua de mar al intercambiador de calor de baja temperatura N°3.

1.11.2 Cañerías:

Las cañerías son elementos que hay que elegir muy cuidadosamente. En nuestro circuito utilizaremos cañerías de material cobre y níquel en porcentajes de 90-10 (CuNi 90-10).

Estas cañerías las cotizaremos y compraremos con la siguiente información:

- *Material Principal:* Es necesario indicar el tipo de material principal que se necesita para la cañería.
- *Diámetro Nominal:* El diámetro nominal de la cañería, diámetro interno
- *Espesores de Pared:* El espesor de pared correspondiente a la cañería.
- *Largo de Tramo:* El largo de tramo requerido
- *Costura:* Las cañerías que instalaremos el buque base, serán de tipo sin costuras.

1.11.3 Filtros:

Los filtros a utilizar en nuestro sistema, tendrán la protección de Marine Growth Prevention, y se cotizará y ordenará la compra especificando el caudal máximo a través del filtro, el tamaño de sus perforaciones y la forma y diámetro de las conexiones (Flanges DN 600)

1.11.4 Bombas:

Las bombas a utilizar en nuestro circuito, las cotizaremos y ordenaremos con la siguiente información

- Caudal de diseño (p.e: 350m³/h)
- Presión de diseño (2,5 bar)
- Tipo de bomba (centrífuga)
- Tipo de fluido (agua de mar)

- Tipo de unión (flange)
- Materiales
- Sin dispositivo de cebo, debido a la presión positiva en el lugar de las bombas (bajo la línea de flotación)
- Acoplamiento elástico entre la bomba y el motor eléctrico.

1.11.5 Intercambiadores de calor:

Los intercambiadores de calor, los cotizaremos y ordenaremos con la siguiente información:

- Caudal Requerido
- Diferencia de temperatura requerida
- Transferencia de calor
- Uniones, filtros requeridos, etc.

Los accesorios como termómetros, manómetros, transmisores de presión y protección de crecimiento marino, no tienen mayor complejidad en cotizarlos y comprarlos salvo las siguientes.

Para termómetros, es necesario especificar la escala a utilizar: Por ejemplo Celsius, Fahrenheit, Kelvin. Según las especificaciones técnicas la escala a utilizar debe ser grados Celsius. También es necesario saber el rango de temperaturas de trabajo, por ejemplo, en nuestro circuito sabemos que funcionará desde 0°C hasta 33°C para la temperatura de agua de mar. Y después de los intercambiadores necesitaremos termómetros de rangos desde 0°C a 50°C aprox. Otro ítem importante es especificar la unión del termómetro, especificar el hilo requerido o el de diseño del proveedor por razones obvias.

Para los Manómetros es necesario al igual que los termómetros, la escala a utilizar. Por ejemplo Bar, PSI, MPa. Según las especificaciones técnicas la escala a utilizar debe ser Bar. También es sumamente imprescindible saber el rango de trabajo de presiones del circuito. Por ejemplo: sabemos que la presión máxima suministrada por las bombas es de 2.5 bar. Utilizaremos manómetros en la zona de presión del circuito con un rango de 0 a 4 Bar. Y en la zona de succión vacuómetros con rango de -1 a 3 bar.

Otro ítem importante es especificar la unión del manómetro, especificar el hilo requerido o el de diseño de proveedor por razones obvias.

Para los transmisores de presión, debemos cotizarlos de indicando el rango de resistencia a utilizar.

Y finalmente el *marine growth prevention system* se cotiza según los materiales del circuito, principalmente de las cañerías, el caudal total del circuito.

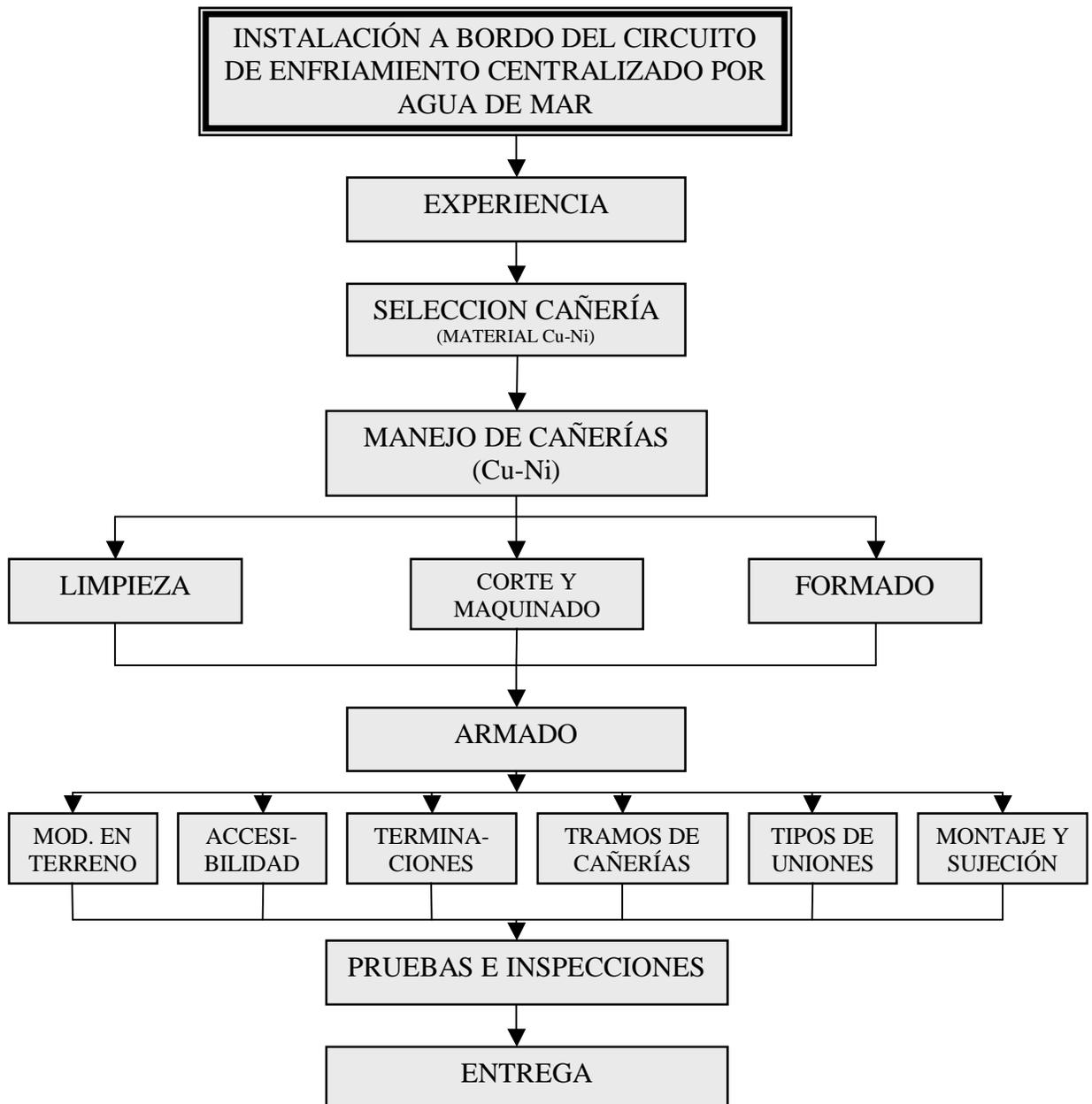
Ver CD Anexo: (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Selección y Adquisición de Equipos).

CAPITULO II: INSTALACIÓN A BORDO

2.1 OBJETIVO:

Uno de los principales objetivos de este capítulo, es el entregar al lector, datos, trucos y consideraciones acerca de la instalación a bordo del circuito de enfriamiento por agua de mar centralizado.

Estos datos, trucos, consejos y consideraciones, vienen dados por fabricantes de equipos utilizados en este circuito, o como la mayoría, vienen dados desde una amplia y vasta experiencia laboral recopilada en este documento.



2.2 CAÑERÍAS:

Como ya sabemos, en el mercado existen varios tipos de cañerías. Estas clasificaciones comienzan por el tipo de material principal que están formadas. Entre estos materiales están las aleaciones de cobre y níquel. Dentro de las aleaciones de cuproniquélicas, existen dos grupos principales (CuNi 70-30 y CuNi 90-10). Estas se diferencian por el porcentaje de cada uno de sus componentes presentes en la aleación.

En rasgos generales podemos describir que la aleación CuNi 70-30 es mucho más resistente al flujo de agua de mar, como también mucho más resistente desde el punto de vista estructural. Pero la aleación CuNi 90-10 funciona de muy buena manera frente a diferentes tipos de aplicaciones haciendo el proyecto mucho menos costoso para el mismo rango de uso. Por esto utilizaremos la aleación CuNi 90-10.

2.2.1 Manejo General:

Las precauciones que hay que tener para el manejo de estas cañerías CuNi 90-10, serán muy familiares a los fabricantes relacionados y acostumbrados a manejar materiales como aleaciones de aluminio o acero inoxidable, pero en cambio son muy nuevas para fabricantes acostumbrados a manejar solamente aceros al carbón.

El parámetro principal es la **limpieza**. La contaminación puede causar serias trizaduras y porosidad durante el tratamiento térmico o el proceso de soldadura y por ende puede afectar directamente a la resistencia de corrosión de la aleación. Idealmente, la fabricación debe ser hecha en un área destinada solamente a aleaciones cuproniquélicas. Donde esto es impracticable el Standard de cuidado del material debe ser mucho mayor al utilizado para acero al carbón.

Las cañerías de deben ser almacenadas en sus envoltorios originales, y si no es posible deberán ser aisladas totalmente de cualquier otro material que puedan provocar una corriente galvánica.

Caminar, provocar caídas de objetos o cualquier otro tipo de carga puntual sobre estas cañerías debe ser evitado en lo posible.

Pinturas, lubricantes o grasas deben ser estrictamente evitadas en su superficie, particularmente en los términos o extremos cercanos a la zona donde se va a soldar. Todas las

marcas de numerado por pinturas o papeles engomados (en concepto de organización para la instalación a bordo) se deben remover en esta zona después de ser utilizadas, para que no intervengan con la preparación de soldadura.

Se debe tener especial cuidado en las herramientas para preparación de las cañerías. Estas deben ser de acero inoxidable, por ejemplo los chascones, esmeriles, discos abrasivos, etc. Se debe evitar completamente el intercambio entre aleaciones cuproniquélicas y otros materiales, debido a que puede causar problemas de corrosión entre los materiales.

2.2.2 Corte y maquinado.

La mayoría de los procesos normales de corte como cizalle, corte con disco abrasivo, corte con arco plasma son aceptables para las aleaciones cuproniquélicas. Las ruedas abrasivas de alta velocidad trabajan muy bien en procesos como biselar o ajustar bordes.

El proceso de corte oxiacetilénico es impracticable (y no está permitido) para cortar estas aleaciones, pero el proceso de corte por arco plasma da excelentes resultados.

Marcos sierras o tijeras industriales pueden ser usados para cortar, siempre con la limitante del tipo de material y de su relativa suavidad y ductilidad.

Sin embargo, las aleaciones de cobre-níquel no son tan fáciles para maquinar como para cortar. Pueden ser maquinadas con herramientas de aleaciones de aluminio y bronce, o fósforo y bronce. Son mucho más fáciles de maquinar que aceros inoxidables u otras aleaciones que harán el trabajo más difícil y complicado.

2.2.3 Formado:

Estas pueden ser formadas en frío o en caliente, haciendo la salvedad de que el conformado en frío es preferible. Sin embargo hay que tener cuidado porque el trabajo en frío como sabemos, puede incrementar el nivel de esfuerzos internos casi al doble, dependiendo de que porcentaje del total de la cañería fue modificada en frío.

Los tubos (cañerías de diámetro menor) pueden ser doblados por sistemas normales de doblado de cobre, incluyendo máquinas dobladoras. Hay que tener especial cuidado en el proceso para obtener curvas suavizadas y evitar arrugas, debido a que el paso de fluido por estos

lados puede causar fuerte turbulencia y a la larga causar problemas de desgaste. El parámetro permitido es curvas con radio de giro de 3 veces mayores que el diámetro de la cañería. Pero para tubos menores que 80mm pueden tener el radio de giro de hasta 2 veces el diámetro del tubo. Para menores radios de giros se necesitan curvas prefabricadas.

Trabajos en caliente en estas cañerías pueden provocar trizaduras y deben ser evitadas o intentadas solo con consejos de un proveedor. Las temperaturas recomendadas para aleaciones CuNi 90-10 es de 850-950°C.

Los doblados de cañerías en caliente son posibles pero no generalmente recomendables, el calentamiento debe ser uniforme sobre toda la circunferencia de la sección. Cuando es requerido, las cañerías deben ser rellenas con materiales secundarios de ayuda como arena silicada libre de aceite y secada con materiales no carbonosos. El doblado debe ser en un solo movimiento y con tensión uniforme y evitar los tirones fuertes o tensiones irregulares. Después del doblado el relleno debe ser removido completamente por proceso de lavados, desgrasados, etc.

2.2.4 Armado:

El sistema que utilizaremos para el armado del circuito se divide en:

1. Piezas
2. Tramos de cañerías
3. Cañería Completa
4. Sistemas de Cañerías.

A manera de aclarar estos conceptos, explicaremos muy brevemente cada uno de ellos.

2.2.4.1 Piezas:

Son las unidades más básicas de nuestro sistema de cañerías, consisten en cañerías, terminaciones de cañerías, flanges, codos, etc. *Ver CD Anexo (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Archivo Cañerías).*

2.2.4.2 Tramos de Cañerías:

Los tramos de cañerías no son más que las uniones de las piezas para formar un tramo de cañería. *Ver CD Anexo (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Cañerías).*

2.2.4.3 Cañería Completa:

Si unimos los tramos de cañerías, en su secuencia ordenada vamos a obtener como resultado una cañería completa. *Ver CD Anexo (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Cañerías).*

2.2.4.4 Sistemas de Cañerías:

Varias cañerías completas y sus interacciones entre ellas forman un sistema de cañerías. En este caso en particular, a lo que nosotros queremos llegar y llamamos Sea Water Cooling System. *Ver CD Anexo (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Cañerías).*

El armado es mal conocido en la jerga popular como fabricación de cañerías. Consiste en unir elementos menores para lograr un mayor elemento y así sucesivamente hasta llegar al objetivo final, que es obtener un sistema de cañerías.

Para lograr un adecuado armado los astilleros más modernos están utilizando un método muy efectivo, que en un balance final, es menos costoso que el método tradicional.

El método consiste en simular, en algún software especializado en dibujos tridimensionales, la construcción de circuitos del buque, haciendo un modelo virtual y digitalizado del circuito a construir. Una vez obtenido esta maqueta virtual, se obtienen planos de armado según líneas de ejes de cañerías u otras referencias, donde por el hecho de estar en formatos digitalizados, se pueden obtener cotas más precisas y de manera más rápida para así hacer una más eficiente y eficaz construcción de las mismas.

Estos tramos de cañerías están dispuestos para hacer por separados. Tienen cotas que obedecen a un sistema de coordenadas tridimensional.

La principal observación de éstas, es que deben ser pinchadas solamente en su fabricación, y rematadas en terreno, debido a su posible dilatación o contracción durante el proceso de soldadura TIG a que estarán sometidas.

Entre las desventajas que podemos mencionar, es que el personal que utiliza estos métodos debe tener un gran conocimiento de geometría descriptiva, encareciendo un poco la mano de obra, o encareciendo la capacitación del mismo personal.

2.3 UNIONES:

Dentro de este extenso tema a tratar, existen consideraciones generales y consideraciones específicas referentes al propio circuito en sí. Estas últimas son las que trataremos de explicar en las siguientes páginas. Cuando me refiero a uniones, trato de incluir en este amplio conjunto a uniones metal con metal, uniones flangeadas, uniones con hilo, entre otras. Pasando también por los subconjuntos de cada una de las antes mencionadas, tales como en uniones metal con metal, tipos de soldaduras, como en uniones flangeadas pasadas de mamparos y pasadas de cubiertas.

Dentro de las uniones metal con metal, el método que emplearemos es el de la soldadura.

El apropiado proceso de soldadura depende mucho de las habilidades y equipamiento disponible, por lo tanto, en proyectos grandes es totalmente justificable tanto adquirir equipos de última generación como capacitar y entrenar de manera especial a los soldadores. Es altamente deseable que los soldadores tengan un período de familiarización con el material y las técnicas usadas para el manejo de este. Aseguradoras y organismos de inspección requieren calificación de soldadores y de proceso de soldaduras con sus apropiadas probetas de prueba.



fig 2.3.1 Proceso de soldadura TIG

El método más extensamente disponible es el proceso arco metal manual (MMA o SMAW) usando electrodos con revestimiento (como la amplia gama de variedades que empresas como Indura nos ofrece¹¹, A1, G, C1, B3). Este proceso no es el más conveniente para soldar aleaciones de cobre y níquel pero tiene la ventaja de utilizar equipos relativamente económicos.

¹¹ Bibliografía N°13

El proceso de arco tungsteno sumergido en gas inerte (TIG o GTAW) nos entrega soldaduras de muy alta calidad, aunque las uniones sean muy complejas. (fig 2.3.1)

El proceso de arco metal sumergido en gas inerte (MIG o GMAW) utilizando una alimentación alambre de aporte continuo, es más rápido y puede ser controlado con modernos y sofisticados equipos.

Una guía general para las condiciones de soldadura es evitar los altos niveles de concentración de calor. Para estos efectos fabricantes de electrodos revestidos específicamente recomiendan rangos de corrientes. Pero no es siempre de gran ayuda recomendar niveles particulares para procesos atmósferas de gas inerte, debido a que las condiciones dependen particularmente de cada caso, tipo de unión o secuencia. Y para el proceso MIG en el modo de transferencia del metal. Las pruebas de proceso de soldadura aseguran mucho mejor la determinación de un apropiado proceso que cualquier tabla dada.

2.3.1 Las propiedades mecánicas de las soldaduras:

Es recomendable para aleaciones de CuNi 90-10 y CuNi 70-30 utilizar material de aporte CuNi 70-30. Esto es porque tiene mayor contenido de níquel, el material de aporte es mucho más fuerte y noble galvánicamente que el material base CuNi 90-10. Cuando evaluamos los resultados de las pruebas de soldadura, una prueba de flexión transversal no es apropiada debido a que la deformación está concentrada en el material más suave relativamente adyacente a la unión. La prueba de flexión longitudinal debe ser utilizada en vez de la anterior. (fig 2.3.2)

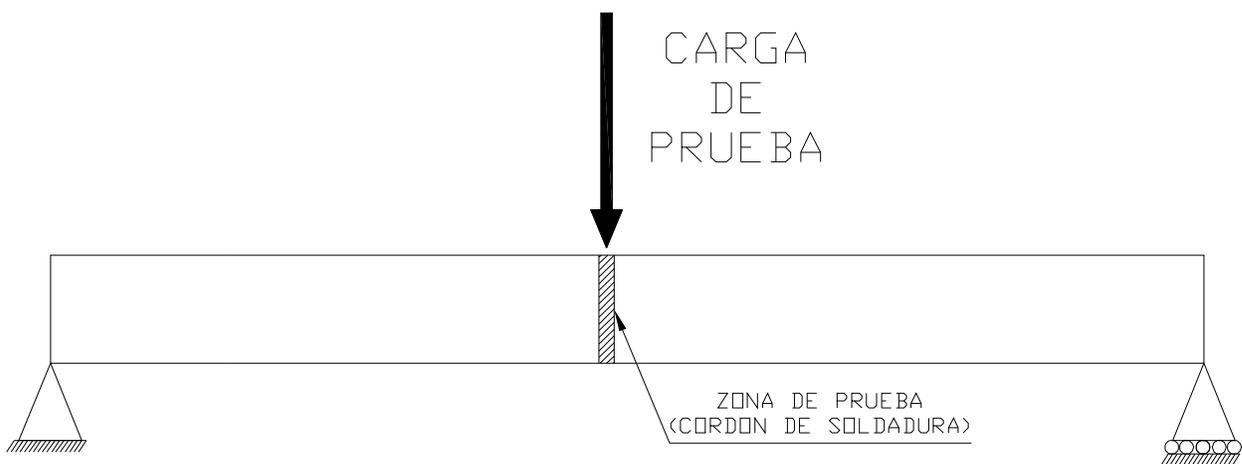


fig 2.3.2 Típica Prueba de Flexión Longitudinal. Se determina la deformación de la pieza soldada de acuerdo a su esfuerzo admisible indicado en la fig 2.3.3

TABLE 5: Typical all-weld metal mechanical properties (not to be used for design purposes)				
Welding process	0.2% proof strength N/mm ² *	Tensile strength N/mm ² *	Elongation 5d% **	Hardness HV
TIG or GTAW (bare wire)	200	385	40	105
MMA or SMAW (flux coated electrode)	270	420	34	120

* 1N/mm² equals 145 psi

** d is the diameter of the test piece gauge length

fig 2.3.3

2.3.2 Preparación para soldadura:

Como en el tratamiento térmico, todo tipo de rastros que puedan causar rajaduras o trizaduras (elementos como sulfuros, fósforos, plomos) deben ser inicialmente removidos. Esto incluye marcas de pinturas, líquidos para cortar, aceites o grasas. También hay que tener especial consideración con fittings de otras aleaciones, como las llamadas gunmetal (cobre-latón-zinc) son también una fuente perjudicial para la soldadura y no debe ser usado para soldar en cañerías de cobre y níquel.

2.3.3 Soldaduras intermitentes:

Debido a su alto coeficiente de dilatación térmica relativo a los aceros al carbón, las aleaciones cuproniquélicas tiene una mayor probabilidad de distorsión cuando se soldan. Usar accesorios para la soldadura, como backing cerámicos u otro tipo de estos, pueden ayudar de alguna manera, pero están limitados por el tipo de unión a realizar.

Para este inconveniente, se ha propuesto una solución muy básica, la de soldaduras intermitentes o a pinchones. Son usadas para lograr mantener una separación y alineamiento uniforme entre las partes que están siendo soldadas. Éstas deben ser posicionadas alrededor de la mitad de la separación que usaríamos en una aleación de acero al carbono y hasta es preferible una menor distancia. Generalmente el proceso TIG es utilizado debido a su facilidad de control, pero también se puede utilizar proceso MIG donde haya disponibilidad.

Las soldaduras intermitentes o pinchones, deben ser cepillados con alambres o limpiados con disco flap esmeril, para limpiar bien la zona para la soldadura final.

2.3.4 Preparación de superficies:

Es posible soldar espesores de aleaciones cuproniquélicas de hasta 3mm con preparaciones de superficies cuadradas (en ángulo recto). Sobre este espesor, se tiene que usar un bisel en ambas superficies de unión.

El ángulo de bisel entre las superficies debe ser mucho mayor que al ángulo de bisel de preparaciones de acero al carbón (Alrededor de 70° o más) debido a la fundición del material de aporte no es tan líquida como la de los aceros al carbono, y necesita manipulación especial por un electrodo o torch para asegurar su fusión contra las paredes de la junta. (fig 2.3.4 y fig 2.3.5)

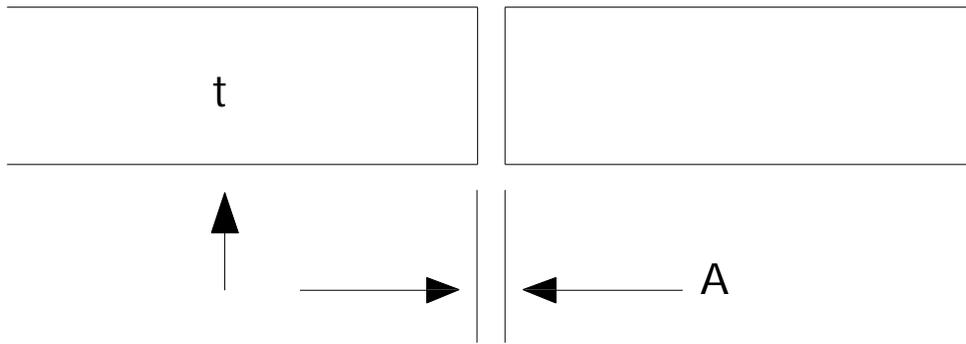
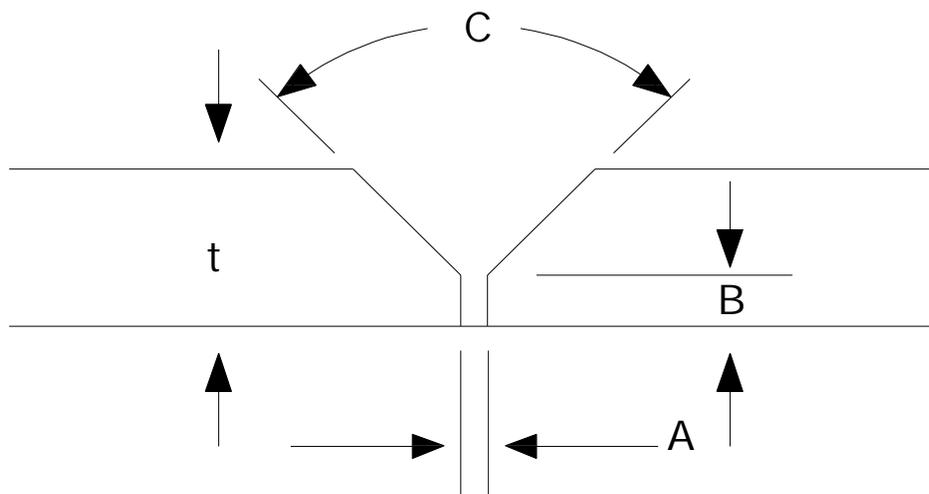


fig 2.3.4

t up to 3mm, A 0 - 1.5mm



t 3 - 15mm, A 1 - 3mm, B 1.5 - 2.5mm, C $70^\circ - 80^\circ$

fig 2.3.5

Aunque es posible soldar en todas las posiciones acostumbradas, sería ideal que todas las soldaduras se hicieran en posición normal, que nos permite mayor rangos de tiempos de posición de trabajos y demanda menos habilidades. En ocasiones, será impracticable girar bastas y

grandes cañerías, debido a sus posiciones a bordo o algún otro motivo, se deberá evaluar la condición para adecuar una correcta postura en la soldadura, en orden de jamás tener la peor situación para una posición.

2.3.5 Material de aporte:

El material de aporte aconsejado para uniones de soldadura en cualquier aleación de cobre y níquel, es el CuNi 70-30, aunque existen en el mercado, otros materiales de aporte del mismo tipo de aleación que del material base CuNi 90-10. Los materiales de aporte CuNi 70-30 ofrecen mejores características en soldaduras de posiciones, y su resistencia a la corrosión es apenas comparable con la de los materiales base.

Para soldaduras de aleaciones cuproniquelicas a acero, los materiales de aporte de 65% níquel son utilizados para que puedan absorber mas dilución de hierro desde el material de acero y no del material de cobre y níquel.

Muchos fabricantes ofrecen electrodos, materiales de aporte hechos de aleaciones cobre-níquel y níquel-cobre como también alambre de material de aporte de relleno con especificaciones reconocidas (fig 2.3.6). Estos contienen una adición de titanio para que reaccione con el nitrógeno y oxígeno presente en la atmósfera, para que no se creen porosidades en la soldadura.

TABLE: Welding consumables - specifications					
Welding process	Form	Type	AWS spec	BS2901 spec	DIN spec
MMA or SMAW	Flux coated electrode	Cu-30%Ni	A5.6 ECuNi		1733: EL-CuNi30Mn
		65%Ni-Cu	A5.11 ENiCu-7		1736: EL-NiCu30Mn
TIG or GTAW MIG or GMAW	Wiring in straight lengths or spools	Cu-30%Ni	A5.7 ERCuNi	Part 3 Grade C18	1733: SG-CuNi30Fe
		65%Ni-Cu	A5.14 ERNiCu-7	Part 5 Grade NA33	1736: NiCuMnTi

AWS - American Welding Society
 DIN - German Standards Institute

fig 2.3.6

Si persiste una porosidad en el material soldado, utilizando el correcto material de aporte, se debe examinar nuevamente la limpieza de la zona a soldar, debido a que esta última es la principal causante de porosidades y trizaduras. También se ha de verificar el proceso de corte, porque puede dejar tensiones internas que en proceso de soldadura salen manifestándose en

rajaduras internas del material. Otras causas pueden ser, un excesivo largo del arco, humedad presente en la preparación de superficie, o el revestimiento de algún electrodo no estaba del todo seco.

2.3.6 Tratamiento después de soldar:

No es necesario un tratamiento térmico después de la soldadura, si es que se siguieron bien las instrucciones de proceso de soldadura. Todos los rastros de escoria deben ser removidos de las uniones hechas por el proceso arco metal manual, y debe ser limpiada la zona soldada, por ejemplo con un disco flap (para pulir), o un cepillo de acero inoxidable, para dejar un brillo final.

2.3.7 Inspecciones:

Las soldaduras deben ser inspeccionadas visualmente, buscando defectos como rajaduras, trizaduras, mala fusión o penetración, socavación, y contornos de soldadura. Una prueba de líquidos penetrantes es una vía fácil para asegurarse de que la inspección fue correctamente hecha, y que no hay rajaduras ni trizaduras en la unión. Para otras inspecciones que realmente ameritan, se pueden hacer inspecciones radiográficas, ultrasónicas, etc. Pero éstas no son requeridas en general para este tipo de fabricaciones. (fig 2.3.7)



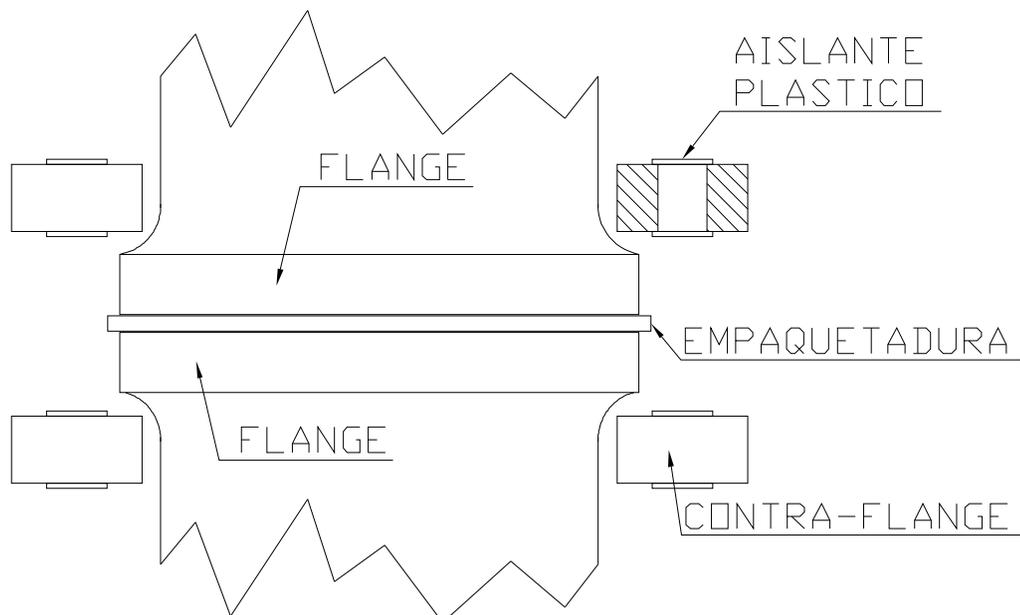
fig 2.3.7

2.3.8 Uniones flangeadas:

Dentro de otro tipo de uniones de tramos de cañerías, tenemos las uniones tipo flangeadas. Éstas se encuentran normalizadas y estandarizadas dependiendo del material que sea utilizado, y también de los estándares particulares de los astilleros constructores, describiéndose la norma en los Anexos. Los flanges a utilizar serán de tipo flotante. *Ver CD Anexo (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Selección y Adquisición de Equipos, Archivo Cañerías)*

Hay que tener un especial cuidado en no crear contactos entre materiales nobles y agresivos galvánicamente hablando, debido a que como hay ambiente marino presente en el sistema, puede causar corrosión.

Para este tema, se utilizan aislantes plásticos, entre pernos galvanizados, y contra-flanges de acero dulce. Entre el flange y la cañería CuNi no se utiliza ningún aislante.



2.3.9 Pasadas de Mamparo y Cubierta:

Para las pasadas de mamparos y cubiertas también hay estándares que la regulan, que depende de los astilleros que construyen y sus diferentes estándares de calidad.

En el *CD Anexo (Carpeta Anexos, Sub-Carpeta Selección y Adquisición de Equipos, Archivo Cañerías)* se muestran diferentes pasadas de mamparos y cubiertas que pueden ser una alternativa de solución para cada ocasión especial.

Estas pasadas de mamparo y cubierta, serán hechas de acero, debido a que deben cumplir características tanto hidráulicas, como estructurales.

2.4 MONTAJE, SUJECION Y SOPORTES:

Una vez confeccionados los tramos de cañerías a utilizar en nuestro circuito, debemos de tener consideraciones especiales en el montaje o armado de las mismas.

Es muy posible que durante la fabricación de cañerías, el formado u otros procesos, se hayan cometido errores, éstos son puestos en evidencia en el proceso de montaje de cañerías.

Existen precauciones que hay que tomar durante el montaje de cañerías, sobre todo en el manejo de las cañerías a bordo.

Todas las cañerías deben ser inspeccionadas antes del montaje para asegurar que estén libres de contaminación.

Las cañerías de enfriamiento de agua de mar, generalmente pasan por intercambiadores de calor, donde se centraliza la función del circuito, y es imprescindible que durante el montaje de cañerías se tenga especial cuidado con la protección interna de la cañería, evitándose así suciedad interna, escorias, elementos mecánicos u otros objetos que puedan causar problemas o daños parciales o irreparables a los intercambiadores de calor, válvulas, bombas, u otros elementos.

Recordemos que una de las consideraciones para el diseño del circuito es un factor de limpieza o fouling de 0.85 (el circuito funciona eficientemente aun con un 15 % de suciedad en los intercambiadores de calor) y si hay suciedad u otros elementos extraños al circuito nos reduce el margen o en el peor de los casos lo supera, pudiendo así perjudicar en la eficiencia del circuito a emplear.

Generalmente, en sistemas de cañerías de acero, el montaje de las cañerías es mucho más fácil que en el de cañerías CuNi. Esto es debido a que en las cañerías de acero es posible instalar soportes provisionales provenientes de materiales de fierro o acero de despunte, ayudando considerablemente al montaje. Mientras que en cañerías CuNi por razones lógicas estos materiales de despunte no se pueden utilizar.

Sin embargo, en la instalación a bordo de nuestro circuito, se utilizan soluciones efectivas para problemas reales. Por ejemplo, el uso de tecles para montaje de cañerías, uso de soportes prefabricados, piezas de madera, entre otras soluciones que depende del ingenio del personal a

cargo. Al margen de esto, es aconsejable que los soportes utilizados para el montaje, sean los permanentes en el sistema, para así no hacer trabajos repetitivos.

Se debe tener especial cuidado con el montaje de cañerías debido a que constantemente están sometidos a esfuerzos para los cuales no fueron diseñados. Se tratará de evitar en lo posible este tipo de esfuerzos, colocando soportes provisionales, de acuerdo a las especificaciones del departamento de ingeniería del astillero, jefe de patio, o del proveedor de cañerías.

Una vez utilizados estos soportes y materiales secundarios de ayuda, éstos deben ser marcados claramente para su posterior remoción.

En los soportes permanentes de cañerías CuNi existe un punto primordial de consideración, este es que se deben colocar aislaciones entre la cañería y el soporte, porque generalmente el soporte es fabricado de acero al carbono, debido a su bajo costo y más fácil manejo. Este aislamiento es debido a un problema lógico de materiales en medio de ambiente marino (un material más noble que el otro, en un medio electrolítico, se produce una corriente galvánica).

El aislamiento consiste en colocar una pieza de goma con el objetivo que no exista un contacto directo entre los materiales CuNi y Acero.

Los soportes de las cañerías serán colocados en los lugares donde hayan problemas evidentes de flexión, vibraciones o de poca sujeción.

Existen normas o estándares internacionales acerca de estas sujeciones, pero que en muy pocos casos se utilizan, y sirven mas de guía que de regla de soportación. Sin embargo en terreno los soportes siempre estarán en el rango de aplicación de las normas o estándares.

Generalmente durante el proceso de montaje se colocan los pernos estrictamente necesarios para garantizar un montaje seguro y un posicionamiento real. No necesariamente este número de pernos debe ser el total de pernos de unión sobre el flange, es más, generalmente son exactamente la mitad de los pernos necesarios en el flange (debido a el sobre-dimensionamiento que en la mayoría de las uniones se emplea). Esto es debido a que los demás pernos son utilizados para garantizar solamente la permeabilidad y estanqueidad de la unión y éstos son instalados al final.

Durante el montaje, existen otras consideraciones que no dejan de ser importantes por el hecho que no sean propiamente del objetivo específico del tema. Me refiero a las consideraciones de prevención de riesgos que debe haber durante este proceso específicamente. Estamos hablando de tramos de cañerías que están pesando entre los 80 Kg a los 300 Kg y que van elevados a distancias de hasta 2 metros sobre el nivel inmediatamente inferior. Deben haber medidas preventivas para estos casos y otros de similar riesgo que es función propiamente de un departamento de prevención de riesgos, pero que todos los trabajadores e ingenieros deben tener presentes por su seguridad propia y de su grupo de trabajo.

2.5 ACCESIBILIDAD:

La principal razón de la construcción de un buque, en la mayoría de los casos, guardando las proporciones y excluyendo casos especiales, es el transporte de algún tipo de mercancía. Esto quiere decir que nuestra meta en la confección de un buque, es aprovechar el mayor espacio posible utilizable, para así lograr una proporción mayor a los espacios destinados a carga, disminuyendo los demás espacios destinados para otros fines que no generen sustentabilidad económica dentro del buque.

Por esta razón antes mencionada, cada día, con el avance de la tecnología, se van aprovechando mucho más los espacios, logrando así, grandes reducciones en dimensiones de equipos, para fines comunes. Por ejemplo, un motor principal de 1000 bhp hace 30 años aparecía en el mercado con dimensiones 4 x 3 x 2 m; Hoy en día, el mercado nos ofrece motores principales de combustión de 1000 bhp, no superan las dimensiones 2.5 x 1 x 1 m. Vale este ejemplo para todo tipo de equipo incluido en una sala de máquinas del buque, ayudando al final que las salas de máquinas sean mucho más pequeñas y fáciles de operar.

Sin embargo, esta crecida en la tecnología desde el punto de vista de dimensiones y pesos, utilizando al máximo las ciencias de los materiales, nuevas aleaciones, etc. si no es aprovechada al máximo por el Ingeniero a cargo de la obra no nos sirve de nada. Es por eso que se han creado softwares tridimensionales para poder ubicar de manera más eficientes los equipos, quedando totalmente operativos desde el punto de vista del maquinista, para así darle un correcto uso, y una posible mantención.

Uno de los problemas principales en este aprovechamiento de espacios, es la disminución notable de zonas de acceso a equipos, convirtiéndose éstas en verdaderas obras de Ingeniería.

Es por eso, que la instalación a bordo ha adquirido con el paso del tiempo mucha mayor complejidad, y el aprovechamiento del espacio figura como un objetivo primordial.

Dentro de las consideraciones que se deben tener dentro de la accesibilidad del sistema tenemos:

2.5.1 Acceso libre a la operación de todas las válvulas:

Volantes o manillas de operación de las válvulas, deben tener un acceso libre en la sala de máquinas. Existen varios tipos de actuadores en nuestras válvulas. Igualmente los actuadores neumáticos e hidráulicos también debemos tenerlos libres en el acceso a ellos. Sin embargo, otros actuadores como volantes o palancas de accionamiento, deben tener un acceso directo desde el piso falso de la sala de máquinas, ya sea libre para operación, o con tapas de registro de fácil apertura.

2.5.2 Acceso libre a operación y lecturas de manómetros, termómetros y otros instrumentos:

A pesar que tenemos equipos para hacer estas funciones a control remoto, dentro del checklist de revisión y otros checklist, existen ítems de comprobaciones de lecturas en una sala de máquinas automatizada. Estas comprobaciones se hacen comparando valores digitalizados desde la sala de control con valores análogos de instrumentos in situ.

2.5.3 Acceso fácil a bombas, intercambiadores de calor, filtros u otros equipos:

Los equipos como bombas, intercambiadores de calor, filtros, entre otros, necesitan de un especial cuidado, y por ende, de una mantención rigurosa y programada. Para esto, el diseño del circuito nos permite darle su debida mantención a cada equipo sin detener el funcionamiento normal del buque. Como la mantención a bordo se hace en regímenes de operación normal del buque, deben existir espacios disponibles para hacer estas mantenciones o por lo menos para desarmar y llevar elementos más pequeños.

2.5.4 Acceso no restringido para la sustitución de alguna válvula, bomba, intercambiador de calor, u otro equipo o instrumento.

Los equipos como válvulas, bombas, intercambiadores de calor, filtros, etc. Están dispuestos en el diseño para ser sustituidos de manera eficaz y eficiente, los primeros pasos son el del aislamiento del equipo (por parte del sistema autónomo, cuando se activa la función stand-by de cualquier elemento) y después el examen de este a cargo del ingeniero jefe de máquinas, donde se diagnosticará si se precisa o no una remoción o sustitución del equipo. Si la hubiera, se necesitará un acceso no restringido pero no directo, a estos equipos. La idea general es que no queden limitados por otros equipos o cañerías que obstruyan su fácil sustitución.

2.6 MODIFICACIONES EN TERRENO:

Las modificaciones en terreno corresponden generalmente a correcciones de errores de cálculos o disposiciones, como también a errores de confección y descuidos en medidas de cañerías, etc.

Estas modificaciones en terreno deben ser realizadas en lo posible con la menor trascendencia posible sobre los otros circuitos, debido a que se puede desencadenar una serie de modificaciones debido al poco espacio dentro de una sala de máquinas, que a lo mejor terminen en errores muy difíciles de solucionar.

La idea de una modificación en terreno, es darle otra alternativa constructiva a una pieza o circuito, dejando la pieza original, con su misma función y desempeño ideal.

Cada vez más con ayuda de los programas CAD-CAM, y softwares tridimensionales, estas modificaciones en terreno se hacen mucho menos frecuentes y notorias.

Toda modificación en terreno afectará de alguna manera u otra los factores del diseño de circuitos, tales como aumento o disminución de resistencias al flujo, aumento o disminuciones de regímenes laminares y turbulentos, que si están dentro de los rangos normales de modificaciones son absorbidos por coeficientes de seguridad en el diseño.

Si estas modificaciones afectan de manera anormal las consideraciones de diseño, se deberá reevaluar ingenierilmente los puntos afectados verificando su trascendencia o no en la función u objetivo principal del circuito.

Muchas de estas modificaciones atienden a esquivar soportes de otras cañerías, de los propios soportes, debido a que éstos no son coordinados en los programas tridimensionales.

Las modificaciones en terreno no son más que modificaciones del circuito, y deben ser registradas después como planos "As built" (como quedo finalmente construido). Y se someterán a las mismas consideraciones y pruebas de control de calidad, tal y como si no estuvieran modificadas.

2.7 TERMINACIONES:

Las terminaciones en la confección de los circuitos, obedecen a la presentación estética propia del mismo.

El trabajo de terminaciones se acrecienta a medida que cada trabajo de montaje, soldadura, fijaciones, soportes, quedan inconclusos. Quiero decir, que con cada trabajo específico sobre el circuito inconcluso, incrementa cada vez más los trabajos de terminaciones del circuito.

Estos trabajos de terminaciones son muchos, cortos en tiempos de duración de cada uno, pero a su vez cumplen con una función muy importante que es la de lograr una armonía visual estética del circuito.

Las terminaciones son las que marcan la diferencia en un trabajo de calidad y eficiencia, de un trabajo mediocre y regular.

Existen varios trabajos de terminaciones que tenemos que tener en cuenta, entre ellos:

- **Eliminación de sobre-montas excesivas en soldaduras:**

Si no se controla adecuadamente el trabajo de uniones soldadas de cañerías, y en su fase final no se concluyen los trabajos parciales, al final de la confección del trabajo, tendremos que eliminar todo este tipo de detalles faltantes, como sobre-montas, esquirlas de soldaduras, entre otros detalles de uniones soldadas.

A pesar de que no es un trabajo muy difícil de realizar, no debemos esperar hasta el final de la construcción del circuito para hacerla, debido a que existen innumerables uniones soldadas en el circuito, haciéndose un trabajo mucho más arduo y tedioso.

- **Señalizaciones de Equipos:**

Dentro de las Especificaciones Técnicas que nuestro buque se rige existe un punto sobre la señalización de equipos en el buque. Esta señalización consiste en colocar una placa de identificación a cada equipo, válvula, filtro, etc. Esta placa constará de un número de identificación correspondiente al plano de diagrama del circuito, y estará acompañada de una breve descripción de la función del equipo o válvula.

- **Limpieza:**

Uno de los factores principales de mediciones de un trabajo, sin duda alguna es su orden y aseo.

Existen varios tipos de limpiezas en el proceso de construcción del buque. Existe el tipo de limpieza y orden que se debe tener en un trabajo diario, con materiales y herramientas de uso personal y colectivo, que todo trabajador, supervisor, e ingeniero debe velar porque esto se cumpla, porque cumpliéndose esta limpieza, se disminuyen otros trabajos relacionados con la limpieza.

Otro tipo de limpieza que debe haber una vez finalizada la construcción del circuito, es la limpieza mecánica. Esta trata de eliminar todo tipo de elementos grandes, como herramientas, paños de limpieza, pernos, golillas, etc.

Y el último tipo de limpieza que se debe aplicar, es la limpieza estética, que trata de hacer una limpieza total, sobre la superficie tratada, de manera que se aprecie y distinga una calidad de trabajo digna de un profesional. Esta limpieza se puede hacer con una amplia gama de productos, pero generalmente se emplean agua y jabón, o diluyentes en caso de remoción de pinturas, u otro producto similar. Esta limpieza se realiza manualmente con paños.

- **Pinturas e indicaciones especiales:**

Las cañerías CuNi 90-10 no son necesarias pintarlas en sus partes exteriores, y en sus partes interiores *nunca* deben ir pintadas por razones obvias. Sin embargo en las Especificaciones Técnicas que nuestro buque se rige, existe un ítem de señalizaciones de cañerías, atendiendo directamente a una indicación de dirección de flujo y un código de colores. Esta señalización se hará con flechas para indicar el flujo de agua dentro de cada cañería, y el código de color correspondiente al circuito de enfriamiento por agua de mar será el verde. Esta indicación será puesta con papel adhesivo en el exterior de la cañería.

Además de esto, según reglamentos internacionales, en nuestro circuito deben existir indicaciones especiales que serán las siguientes:

1. Indicación de la válvula de succión de emergencia de la sentina de sala de máquinas:

Se indica con una placa visible y diferentes a las demás placas de identificación de otras válvulas. También se debe pintar esta válvula de color naranja 5001

2. Indicación de succión desde caja de mar:

Se indica con una señalización pintada, visible y de color naranja 5001

3. Indicación de válvulas aspiración desde la caja de mar:

Se indica con una placa visible, colocada generalmente por encima de la válvula de aspiración pegado a la plancha de costado del buque o de la caja de mar indicando a qué caja de mar pertenece.

CAPITULO III: PUESTA EN MARCHA

3.1 OBJETIVO:

El objetivo directo de este capítulo, es dar a conocer una guía de pruebas que se utilizan para la puesta en marcha de nuestro circuito.

Además, se busca mostrar los diferentes pasos para garantizar una correcta ejecución del trabajo, sobretodo cuando éste es un sistema de enfriamiento tan complejo, como el que elegimos.

Debemos garantizar una adecuada selección e instalación del circuito, y esto lo logramos mediante el período de pruebas y puesta en marcha.

3.2 TIPOS DE PRUEBAS

Las pruebas son controles que se han de llevar a los sistemas o circuitos para asegurar un desempeño ideal de estos.

Dentro de las pruebas que debemos hacer a nuestro circuito para garantizar un correcto funcionamiento del mismo, existen las siguientes:

3.2.1 Controles de Materiales a utilizar

El control de los materiales a utilizar se hace, principalmente, desde su etapa de diseño, siendo la selección la que manda estos tipos de materiales.

Sin embargo, es función de todo ingeniero a cargo, cerciorarse y asegurarse de que los materiales empleados sean los materiales de diseño. Esto es, tanto en materiales de cañerías, soldaduras, equipos, etc.

Generalmente, todo ingeniero debe estar en constante contacto con certificados de calidad de los equipos, donde allí aparecen de manera muy explícita las características constructivas del equipo a utilizar.

3.2.2 Exámenes Visuales

Los exámenes visuales son el tipo principal de pruebas que se hacen en toda la industria de construcción naval. Estos tienen un potencial significado, cuando se hacen de manera correcta y a conciencia. También influye terminantemente la experiencia del inspector, el conocimiento sobre la materia, sus habilidades laborales, entre otros puntos.

Todo examen visual es el primer paso para cualquier otro tipo de prueba, por esto se debe hacer de manera muy cuidadosa, tomándose el tiempo que se estime necesario.

Este tipo de pruebas se pueden hacer en instancias preeliminares, constructivas y terminales. Siendo en su orden respectivo, más convenientes y menos destructivas.

Se hacen exámenes visuales de soldadura, de soportes, de calidades de pernos, de abrazaderas, de posicionamiento de válvulas, de posicionamiento y alineamiento de cañerías dentro del sistema, entre muchas otras.

En general, los exámenes visuales atienden a cumplir las observaciones de diseño de nuestro circuito.

3.2.3 Pruebas de Presión y Estanqueidad (Hidrostáticas, Neumáticas)

Dependiendo mucho del sistema de Control de Calidad de la empresa, se ejecutan o no diversos tipos de pruebas, algunas en etapas previas al montaje y otros en etapas finales. Este es el caso de las pruebas de presión y estanqueidad del sistema.

Aclaremos el concepto de pruebas de presión y estanqueidad. Prueba de presión, es aquella prueba, que se le realiza a uniones soldadas (uniones de cañerías en este caso) que han sido construidas o modificadas en terreno. Esta prueba se hace según normas Lloyd's Register (por ser la casa clasificadora), a una presión de 1.5 veces la presión de trabajo de la cañería.

Mientras que una prueba de estanqueidad no es más que aquella prueba de presión, que se hace para demostrar la hermeticidad o estanqueidad del sistema, una vez terminado el trabajo (construcción del circuito). Generalmente se hace a una presión baja, generalmente la presión de trabajo del sistema.

En astilleros grandes, donde está totalmente departamentalizado el sistema, se ejecutan las dos pruebas en diferentes etapas. Una prueba de presión de 1.5 veces la presión normal de trabajo, una vez terminada la construcción de los tramos de cañerías. Y luego una vez realizado el montaje se le hace una prueba de estanqueidad a presión normal de trabajo.

El sistema que utilizaremos, y que pensamos que es el más eficiente y eficaz, es probar con agua los tramos de cañerías una vez ya terminada la construcción, probándolos a 1.5 veces la presión de trabajo, tal y como se hace una prueba de presión. Quedando así, realizada la prueba de estanqueidad y la de presión en un solo paso. Esta prueba se debe hacer con agua, por motivos de seguridad, debido a que si se presenta algún problema de fuga, a una presión de 4 bar, como el agua no se comprime no tiene problemas de explosión, como sí lo tiene el aire.

Hablando de esto, cabe señalar las diferencias entre pruebas neumáticas, hidrostáticas

La principal consideración que hay que tener en la elección de que prueba hacer, es el tipo de fluido que va haber en la cañería. Si es combustible, se hará la prueba con aire, si es agua, se puede hacer con agua o aire, si es CO₂ se hace con nitrógeno, etc.

Como vemos en cualquier caso, la fuente principal de prueba es el aire, pero hay que tener una segunda consideración de seguridad con este fluido: El aire es altamente compresible, y puede causar explosión a la exposición de agotamientos y pequeñas fugas. Por ésto, una prueba de presión o de estanqueidad que sea a más de 8 bar, se considera altamente peligrosa si se realiza con aire, no es aconsejable hacerla debido a los riesgo que trae consigo dicha prueba. Entre esos riesgos está el de una violenta explosión, que puede ser causada por algún sobrecalentamiento por soldadura mientras se realiza la prueba, o por algún golpe firme en la cañería como una caída de alguna herramienta.

Las pruebas hidrostáticas tienen ventajas enormes frente a las neumáticas, como la de poder elevar a cualquier presión sin riesgos accidentes. Otra ventaja es la rápida detección de fugas, debido a que se produce un “goteo” del fluido a utilizar (generalmente agua). Pero también tienen desventajas grandes, como la de la complejidad para vaciar las cañerías después de terminada la prueba, en nuestro circuito no hay tanta complejidad debido a que se hecha andar una bomba, y automáticamente se descarga al costado. Por eso las pruebas que le efectuamos a las cañerías de nuestro circuito serán hidrostáticas.

3.2.4 Limpieza de circuito (flushing)

El flushing consiste en una limpieza adecuada del interior de cañerías, exponiéndolas al flujo de algún líquido, (a grandes presiones y/o velocidades) para así alcanzar y superar el número de reynolds, y conseguir un régimen turbulento.

Hay que tener especial cuidado cuando se realiza esta prueba, debido a como se manejan grandes velocidades, cualquier partícula sólida, puede causar daños gravísimos y hasta irreparables en nuestros equipos.

Una de las premisas que hay que cumplir en esta prueba, es que solamente se le hace flushing a cañerías, esto es, se deben dejar totalmente excluidos equipos como bombas, intercambiadores de calor, etc.

Respecto a las válvulas, existen opiniones encontradas, que tampoco se deben someter a esta prueba, pero si no se someten la prueba de flushing se hace muy larga en el tiempo y poco

eficaz, ejecutándola tramo a tramo. Entonces a manera de solución de este inconveniente, las pruebas de flushing podrán hacerse incluyendo válvulas, pero haciendo la salvedad de que deben estar en su posición totalmente abierta.

Es poco rigurosa esta prueba en un circuito de enfriamiento por agua de mar, debido a que el filtro que se debe utilizar no debe ser más fino que los filtros principales del circuito. Digo poco rigurosa, debido a que en circuito como aceite, existen requisitos que cumplir, como filtros muy finos, muestreos que se deben tomar y deben cumplir con un NAS 7.

El tiempo de una limpieza o flushing oscila entre las 6 y 12 horas. Dentro de este período se entiende que todo tipo de suciedad queda atrapada en los filtros del equipo de flushing.

El equipo de flushing es un equipo portátil, que solo se utiliza para este propósito, y consiste en un estanque de almacenamiento, bomba de alto caudal, filtro duplex, válvula de retención, válvula de bola, conexiones o fittings, manómetro y flujometro.

3.2.5 Controles radiográficos de soldadura

A pesar de que no son relativamente necesarias, ni aconsejadas por los fabricantes, existe la posibilidad de ejecutar pruebas radiográficas a los cordones de soldadura. Estos se realizarán después que se realicen los exámenes visuales, y después de finalizadas todas las pruebas del circuito. Generalmente se hacen a pedido del armador, debido a que una vez se pasan todas las pruebas estipuladas en la entrega del circuito, se dice de manera oficial, que el circuito ha sido entregado, si quedan observaciones como éstas, generalmente son pedido del armador y corren bajo su costo como un “extra”.

3.3 PRUEBAS INTERNAS

Existen muchos controles para la correcta entrega y el correcto funcionamiento de nuestro circuito.

Nosotros utilizaremos el método tal vez más laborioso pero que no nos deja duda alguna acerca de una entrega exitosa.

Haremos lo que se denomina controles internos de calidad o pruebas internas.

Estos consisten en ir corrigiendo por etapas, posibles errores que si no se corrigen en etapas preeliminares pueden traer grandes problemas en lo que eficiencia del circuito se refiere.

Estos controles podemos dividirlos en varias etapas.

3.3.1 Pruebas y controles propios de los equipos:

Las pruebas y controles de equipos como bombas, intercambiadores de calor, filtros, válvulas, entre otros se hacen en presencia de la casa clasificadora en sus respectivas fábricas de los proveedores de estos.

Una vez que las pruebas y controles de estos equipos son realizados, la casa clasificadora realiza y expide un certificado de aprobación del equipo.

3.3.2 Pruebas de uniones soldadas

Las pruebas de uniones soldadas, serán inspeccionadas visualmente como primer paso. Luego se le hará una prueba de presión a los diferentes tramos de cañerías, hidrostáticamente, aislando en su totalidad todos los equipos que ya han sido certificados por la casa clasificadora.

Si quedara alguna observación o fuga en las uniones soldadas, se tendrán que corregir y volver a ejecutar el proceso en el o los tramos necesarios, para que la prueba se acepte como satisfactoria.

3.3.3 Ubicación correcta de elementos y accesorios en el circuito

Es un punto en que por la ayuda de los programas o softwares tridimensionales cada vez más se está disminuyendo.

Generalmente el inspector o ingeniero a cargo de un circuito, tiene a disposición los planos constructivos, isométricas y coordinaciones de cañerías siendo ésta una herramienta muy poderosa para investigar e indagar sobre el correcto posicionamiento de elementos y accesorios en el circuito.

Generalmente instrumentos como manómetros, termómetros, PT's, etc. no son coordinados en estas vistas, y son puestos de manera aleatoria en zonas del circuito. Para los instrumentos hay que tener un especial cuidado, debido a que siempre deben estar protegidos por válvulas cercanas, en caso de que se necesiten cambiar, limpiar, comprobar su funcionamiento sacándolos de su posición normal. Esto es debido a que al cerrar la válvula cercana, automáticamente no va haber flujo por el instrumento y se va hacer más fácil la operación deseada.

3.3.4 Pruebas de estanqueidad de cañerías

Las pruebas de estanqueidad de cañerías, como ya lo hemos mencionado, sirven para garantizar la hermeticidad y estanqueidad del sistema a probar. Generalmente se hace para verificar las uniones flangeadas, tanto como los fittings de instrumentos y válvulas.

Se hacen en la etapa final de construcción de cañerías y las haremos de tipo hidrostática, por las razones antes mencionadas.

3.3.5 Puesta en marcha del circuito

Dependiendo del astillero de construcción del buque, se tienen estipuladas políticas de calidad propias de cada uno.

Entre estas políticas de calidad, se rige el proceso adecuado para hacer una puesta en marcha de un circuito.

Generalmente atienden a un check list que debe ser cumplido antes de comenzar la prueba. Este check list consiste en describir paso a paso las consideraciones que hay que tener, y remarcarlas cuando estén listas.

Este check list debe estar cumplido en su totalidad para validar la prueba. Generalmente el departamento de hidráulica, se hace responsable de esta prueba, garantizando así con pruebas parciales anteriores, su correcto funcionamiento en la presentación de esta puesta en marcha.

CHECK LIST N°1 PARA PUESTA EN MARCHA DE CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO POR AGUA DE MAR				
No.	DESCRIPCION	ESTADO		OBSERVACIONES DE ESTADO
		SÍ	NO	
1	Sistema de cañerías terminado.			
2	Conexiones de cañerías terminadas.			
3	Paneles y tableros eléctricos principales			
3,1	Cables de poder eléctricos conectados			
3,2	Cables eléctricos de monitoreo conectados			
3,3	Cables eléctricos de control conectados			
4	Bombas Centrífugas de Agua de Mar			
4,1	Bombas Centrífugas de Agua de Mar conectadas a cables de poder			
4,2	Bombas Centrífugas de Agua de Mar conectadas a cables de control			
4,3	Bombas Centrífugas de Agua de Mar conectadas a cables de monitoreo			
5	Controladores de Frecuencia de Motores Eléctricos de Bombas			
5,1	Controladores de Frecuencia de Motores Eléctricos de Bombas conectados a cables de poder			
5,2	Controladores de Frecuencia Motores Eléctricos de Bombas conectados a Bombas			
6	Válvulas Instaladas			
6,1	Conexiones de aire a válvulas neumáticas listas			
6,2	Conexiones hidráulicas a válvulas hidráulicas listas			
7	Cajas de Mar			
7,1	Caja de mar de alta Preparada			
7,2	Caja de mar de baja Disponible			
7,3	Venteos de cajas de mar operativo			
7,4	Conexión de aire comprimido operativa			
8	Intercambiadores de calor Instalados			
9	Descarga al costado Abierta			
10	Retornos a la caja de mar Cerrados.			
11	Transmisores de presión a líneas Conectados			
12	Manómetros Instalados en líneas			
13	Termómetros Instalados en líneas			
14	Vacuómetros Instalados en aspiración de Bombas			
15	Válvula hacia línea de ceba de equipos cerrada			
16	Conexiones a otros sistemas desde el Cross-over cerradas.			

En presencia de esta prueba deben estar los representantes correspondientes al astillero. Por ejemplo: en nuestro circuito estarán los siguientes personajes: Capataz de sección hidráulica, Ingeniero a cargo de sección hidráulica, Ingeniero jefe control de calidad.

3.3.6 Aprobación de Control de Calidad listo para la prueba de muelle.

Una vez realizada la prueba interna, con un resultado satisfactorio aprobado por el departamento de Control de Calidad de la Empresa, estará listo nuestro circuito para realizar una prueba de Muelle.

3.4 PRUEBAS DE MUELLE (QUAY TRIAL)

Después de haber realizado las pruebas correspondientes antes de la puesta en marcha oficial del sistema, se realizan pruebas de muelles, o mejor conocidas como QUAY TRIALS.

Éstas consisten en simular la operación normal del circuito, probar todos sus sistemas de alarmas, el correcto funcionamiento de todos sus elementos, en presencia de las partes involucradas (Astillero, Armador, Casa Clasificadora).

Generalmente lo que se evalúa en las pruebas de muelle son principalmente las consideraciones de funcionamiento para las que fueron diseñadas.

En casos de que el tiempo agrave la situación, y no estén terminados partes del circuito tales como equipos u otros sistemas y tengan interrelación con el circuito que se está probando, se deben simular estos puntos, y si no es posible se deben aislar completamente de las pruebas, haciendo la salvedad de que en otra ocasión se probarán y entregarán de manera satisfactoria.

A continuación explicaremos el procedimiento correcto de la prueba de muelle de nuestro circuito. Que generalmente están dispuestas en un check list previo al comienzo de la prueba.

Se deben tomar todos los parámetros de operación del sistema. Esto es, datos sobre los controladores de frecuencia, datos de funcionamiento de equipos (bombas, intercambiadores de calor), junto con datos de placas de éstos.

Además se debe alinear correctamente el circuito durante cada modo de operación. Por ejemplo: se debe simular la operación normal de circuito, luego se debe simular el modo stand-by del circuito de una bomba, luego se debe simular el modo stand-by de un enfriador. Luego se debe descargar por una caja de mar, luego por la otra, luego por ambas. También se debe aspirar por una caja de mar, luego por la otra, luego por ambas.

Todas estas premisas están dispuestas en lo que se llama, Protocolo de Entrega, que en el siguiente capítulo explicaremos.

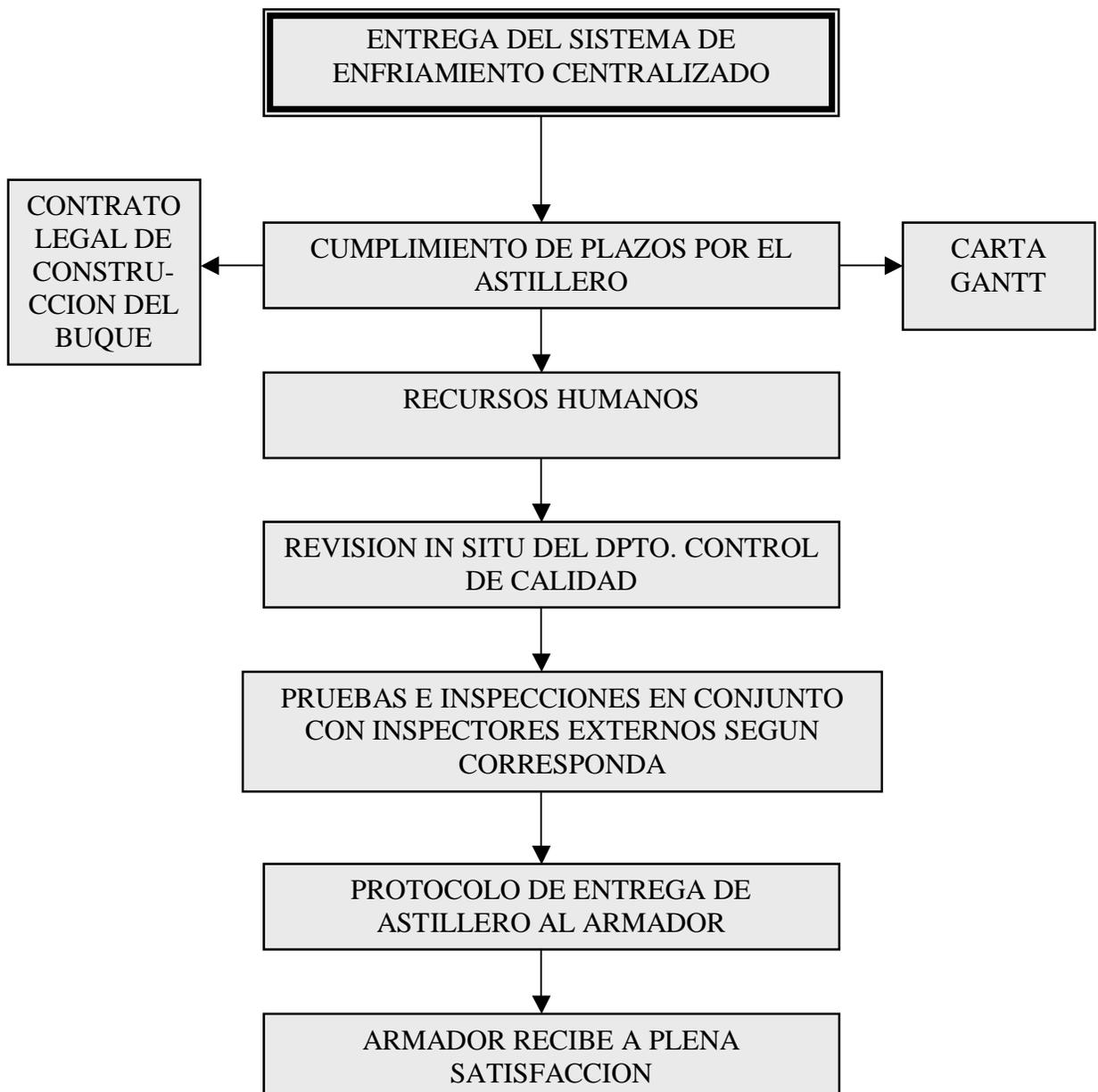
CAPITULO IV: REGISTROS Y ENTREGAS

4.1 OBJETIVO:

Uno de los principales objetivos de este capítulo, es mostrar cuales son las mejores maneras de llevar un control adecuado en lo que a entrega y registros se refiere.

Es de conocimiento de todos que la base de un astillero es el cumplimiento de sus plazos, y la única manera de cumplirlos y poder programarse bien en el tiempo en lo que a proyectos se refiere, es teniendo un adecuado registro y programación, utilizando todas las herramientas técnicas que disponemos a nuestro alcance.

A continuación veremos consideraciones que hay que tener sobre estos registros y entregas.



4.2 INFORMES TECNICOS:

Es imprescindible para cualquier construcción exitosa, y en cualquier ámbito laboral, tener un control detallado sobre todos los aspectos circunstanciales de la labor a realizar.

Basándome en esto, me atrevo a decir que la principal clave del exitoso cumplimiento de plazos es un seguimiento detallado de metas a corto plazo o labores parciales, mediante el uso de una carta Gantt.

Sin duda alguna, en este seguimiento, cada vez que se van finalizando etapas o pequeños hitos, es necesario e imprescindible dejarlo documentado con los más trascendentes detalles posibles por más minuciosos que seamos.

Es así como nace la idea de realizar Informes Técnicos eventuales o periódicos.

Estos informes tienen una finalidad u objetivo que consiste en detallar adecuadamente y con precisión, principalmente los problemas, avances, complicaciones, entre otros detalles, que pudieran haber existido en las diferentes etapas o hitos antes mencionados, para tenerlos en cuenta en diferentes puntos de vistas, como por ejemplo pagos, retrasos, plazos vencidos, complicaciones en confecciones de cañerías, montajes, coordinaciones, modificaciones en terreno, malas terminaciones, entre muchas otras más.

Entre las principales consideraciones que se deben tener en la confección de un informe técnico están las siguientes:

- Deben explicar en forma clara, precisa y concisa su objetivo principal
- Deben contar con el logotipo de la empresa en forma de membrete.
- Deben indicar el departamento de la empresa
- Deben indicar el nombre de la empresa, del departamento y la persona responsable del departamento a que es dirigido el informe.
- Debe contener un título que caracterice el informe.
- Se deben hacer cuantas copias sean necesarias para cada uno de los departamentos o personas involucradas.
- Siempre el documento original debe estar en poder del departamento que lo confeccionó.
- El informe debe entenderse con claridad, de manera tal que no haya dudas ni interpretaciones erróneas de lo que trata el mismo.

- Si es preciso se deben adjuntar otros documentos que hagan referencias los informes.
- Deben ser un instrumento de respaldo potencial ante cualquier discusión o duda sobre algún trabajo realizado.

A continuación se muestra un informe técnico a manera de referencia: (Informe A-23)

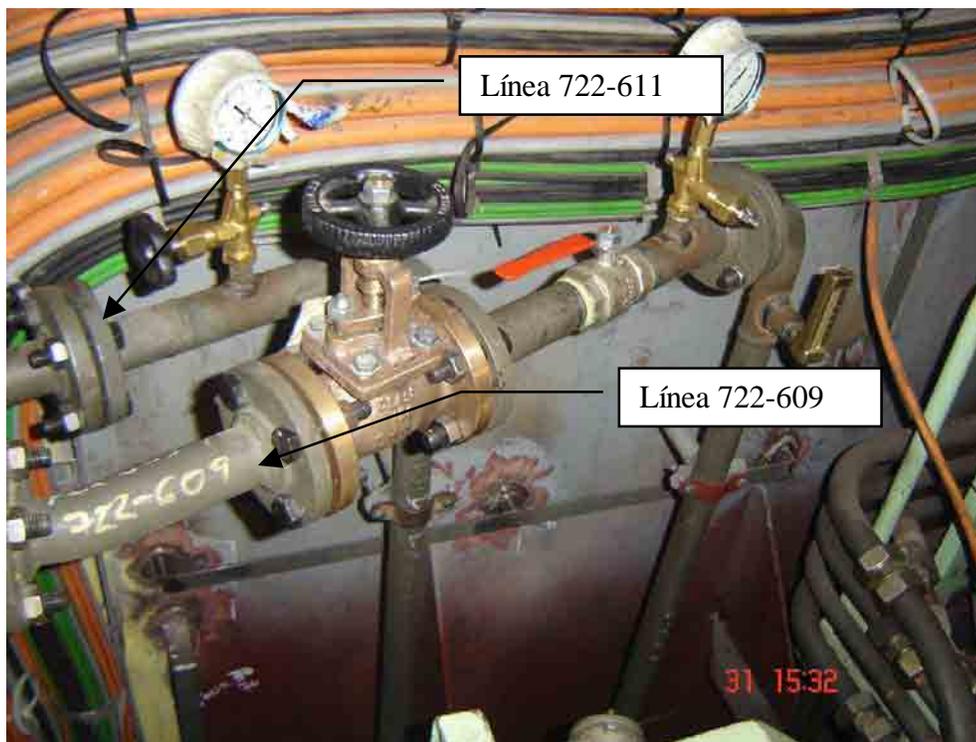
INFORME A-23

Dirigido a: **Jefe Depto. Hidráulica**

Fecha : 1/06 /2005

Se solicita resolver las siguientes observaciones para entrega del circuito FRESH WATER AUXILIARY COOLING SYSTEM:

Intercambiar líneas de Presión 722-609 y 722-608 por líneas de descarga 722.611 y 722.610 respectivamente. (Error de instalación por intercambio de líneas de presión y descarga)



Proa
↙

fig 4.2.1

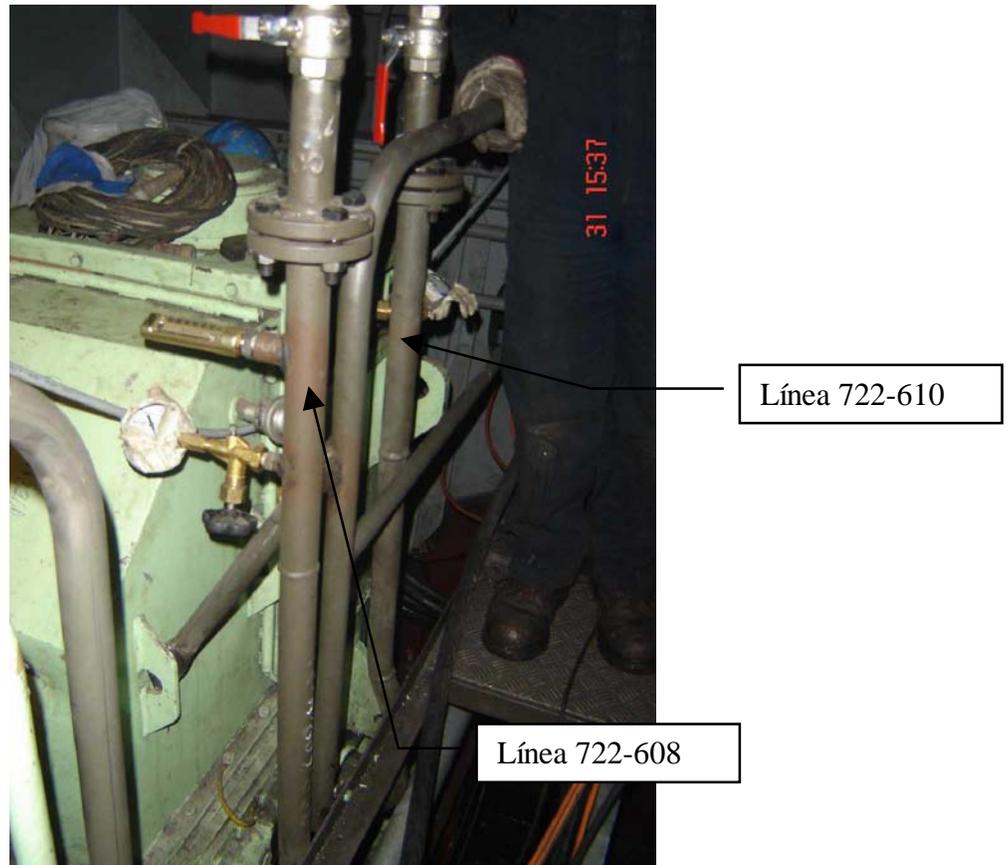


fig 4.2.2

Nota: *Ver plano 722-081*

En línea 722-609 deben aparecer solamente válvula de bola manual 722.961 y manómetro PI3230.

En línea 722-611 deben aparecer TI 83235, PI 83231, Válvula de Globo con “Throttle plug” 722.991, y válvula de bola manual 722.962.

En línea 722-608 deben aparecer solamente válvula de bola manual 722.963 y manómetro PI3240.

En línea 722-610 deben aparecer TI 83245, PI 83241, Válvula de Globo con “Throttle plug” 722.992, y válvula de bola manual 722.964.

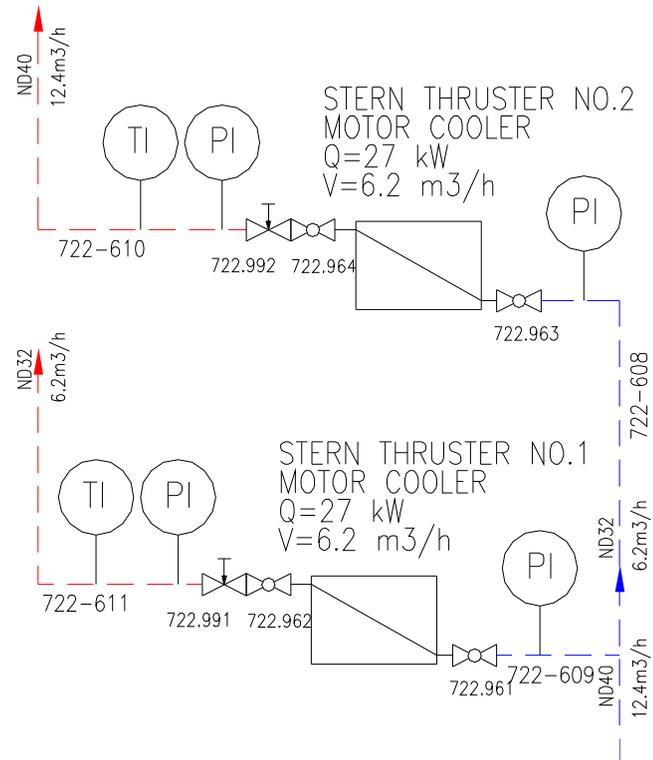


fig 4.2.3 Forma correcta de arreglo del sistema

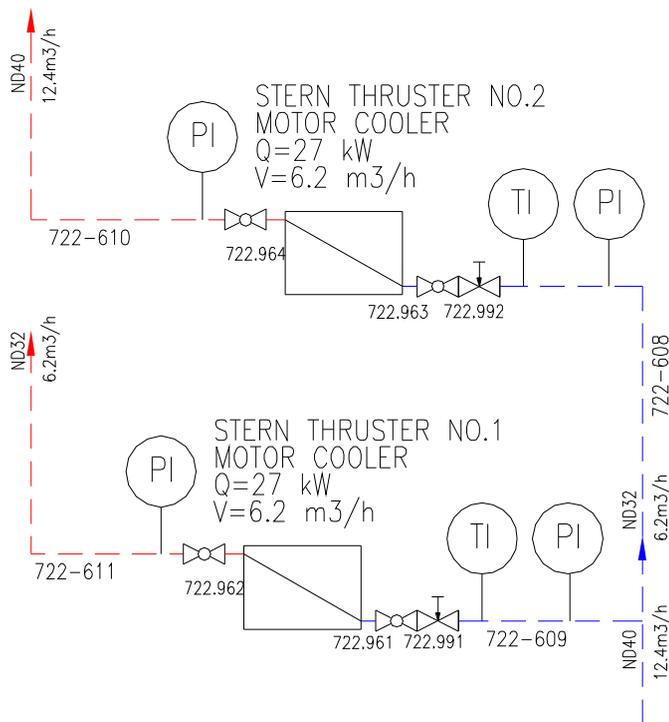


fig 4.2.4 Forma incorrecta del arreglo del sistema en terreno.

Se solicita que contratista revise toda la línea antes de entrega al departamento de Control de Calidad, quien recibe líneas para entrega al armador.

p.p. Ing. a Cargo

Jefe Depto. Control de Calidad

4.3 PROTOCOLOS DE ENTREGA:

Los protocolos de entregas es la parte más importante sobre la garantía de un trabajo. Recordemos que los protocolos de entrega no son más que la documentación de una correcta y satisfactoria entrega, del trabajo realizado.

Es un punto delicado a establecer entre el armador y el astillero, debido a la estrecha línea de fijar que hay en la entrega de un trabajo. Este debe contar con todas las disposiciones que el armador exija para una entrega satisfactoria de un trabajo o circuito en este caso. Sin embargo siempre van a existir puntos de discordia entre armador y astillero que deberán ser resueltos de la mejor manera entre las partes.

Los protocolos de entrega deben ser claros, fáciles de realizar, y siempre debe estar detallado su forma de prueba o registro. Deben constar con un número correlativo de páginas dentro del protocolo mismo, y su número de identificación (del protocolo) debe ser correlativo de acuerdo a la prueba de muelle que identifica.

También, los protocolos de pruebas deben ser estructurados con bases en el Diseño del circuito, debido a que allí es donde se plasman las condiciones operativas del sistema, los objetivos principales y las finalidades. Es obvio que un protocolo de entrega debe tener un objetivo que apunta a la función que desempeña el circuito a bordo.

El protocolo de entrega, es tan importante que puede ser usado hasta como un documento legal, dándole gran poder a la firma de este documento como antes mencionamos, una entrega satisfactoria.

Generalmente los protocolos de entregas no se hacen muy extensos, debido a lo tedioso de su realización, lo que se hace cuando se tienen mucho adjuntos, se nombran cada uno de ellos, de acuerdo a la situación que amerite. Por ejemplo, se adjunta el número de plano del circuito de enfriamiento por agua de mar, en el lugar donde corresponde la identificación del circuito, si correspondiera.

Un ejemplo del Protocolo de entrega del circuito que utilizaremos es el siguiente: (fig 4.3.1 a 4.3.3)

		PROTOCOL QT N1		AHTS	
		SEA COOLING WATER SYSTEM			
Technical parameter of the pumps					
Denomination		MAIN SEA COOLING WATER PUMP			
		1	2	3	
Pump		SW MAIN PUMP	SW MAIN PUMP	SW MAIN PUMP	
Type		VRW 7/290 G	VRW 7/290 G	VRW 7/290 G	
Supplier		BEHRENS	BEHRENS	BEHRENS	
Series - No.		59182	59183	59184	
Capacity (m3/h)		350	350	350	
Pump total head (bar)		2,5	2,5	2,5	
Speed (rpm)		1775	1775	1775	
E-motor		IM V1, IP55, ISO B	IM V1, IP55, ISO B	IM V1, IP55, ISO B	
Type		AM HE 225 SP-4	AM HE 225 SP-4	AM HE 225 SP-4	
Supplier		AEG	AEG	AEG	
Series - No.		301822220001	301822220002	301822220003	
Speed (RPM)		1775	1775	1775	
Rating (kw)		41	41	41	
<u>Mode of operation</u>		To pump from the sea chests to the LT-coolers ME			
<u>Operating parameters of the pumps</u>					
Denomination		MAIN SEA COOLING WATER PUMP			
		1	2	3	
Pressure inlet stub	Fact				
Pressure outlet stub	Fact				
Pump total	Limit	2.5 bar	2.5 bar	2.5bar	
	Fact				
Motor amperage	Limit	68 A	68 A	68 A	
	Fact				
Insulation resistance testing	Limit				
	Fact				
Manuel start/stp from ECR-console					
Autom. Stand-by control					
Visual check of bimetal adjusting at rated current					
Date:		Classification Society	Owner:	Shipyard:	
Check Ing:	Date:	Related Drawing N°:		Total pages:	3
				Page N°:	1

fig 4.3.1

		PROTOCOL QT N1		AHTS	
		SEA COOLING WATER SYSTEM			
Technical parameter of the pumps					
Denomination		AUX. SEA COOLING WATER PUMP			
		1	2	3	
Pump		AUX.SW MAIN PUMP	AUX.SW MAIN PUMP	AUX.SW MAIN PUMP	
Type		VRW 7/290 G	VRW 7/290 G	VRW 7/290 G	
Supplier		BEHRENS	BEHRENS	BEHRENS	
Series - No.		59185	59186	59187	
Capacity (m3/h)		400	400	400	
Pump total head (bar)		2,5	2,5	2,5	
Speed (rpm)		1775	1775	1775	
E-motor		IM V1, IP55, ISO B	IM V1, IP55, ISO B	IM V1, IP55, ISO B	
Type		AM HE 225 MP-4	AM HE 225 MP-4	AM HE 225 MP-4	
Supplier		AEG	AEG	AEG	
Series - No.		301822550001	301822550002	301822550003	
Speed (RPM)		1775	1775	1775	
Rating (kw)		48	48	48	
<u>Mode of operation</u>		To pump from the sea chests to the fresh water coolers for aux. water brake AHTW and bulk compressor			
<u>Operating parameters of the pumps</u>					
Denomination		AUX. SEA COOLING WATER PUMP			
		1	2	3	
Pressure inlet stub	Fact				
Pressure outlet stub	Fact				
Pump total	Limit	2.5 bar	2.5 bar	2.5bar	
	Fact				
Motor amperage	Limit	68 A	68 A	68 A	
	Fact				
Insulation resistance testing	Limit				
	Fact				
Manuel start/stp from ECR-console					
Autom. Stand-by control					
Visual check of bimetal adjusting at rated current					
Date:		Classification Society	Owner:	Shipyard:	
Check Ing:	Date:	Related Drawing N°:		Total pages:	3
				Page N°:	2

fig 4.3.2

		PROTOCOL QT N1	AHTS
		SEA COOLING WATER SYSTEM	
Checking of Stand-by Control Units			
Three frequency controlled electrically driven pumps			
<p>The system of sea water main pumps 1-3 works as follow. The pumps are Switched in automatic mode, pump 1 and 3 are running. Pump 2 is always the stand by pump same as cooler 2 is always stand by cooler. Frequency control of running pumps monitored by TT at cooler LT- outlet. Monitoring system is informed about cooler in charge by push botton in seawater system mimic. In case of function fault of running pump 1, monitored a PT at the pump, stand by pump 2 will start and related pneumatic actuated valves will open to feed cooler 1. TT at cooler 1 will now be in charge for pump 2, same philosophy for stand by function of pump 3.</p>			
Test of Motor Switchgear			
Preconditions			
All switchboard must be installed and connected. The systems concerned must be ready for operation			
Aux. sea cooling water pumps 1 - 3			
The aux. sea cooling water pumps can operate in manual or automatic mode. To operate in manual mode, is to be set the switch S2 (pump 1) and the switch S3 (pumps 2 and 3) in the position "1". In this mode, the starting and stopping functions is controlled by the switch SH2 (pump 1) and SH3 (pumps 2 and 3).			
Date:		Classification Society	Owner: Shipyard:
Check Ing:	Date:	Related Drawing N°:	Total pages: 3
			Page N°: 3

fig 4.3.3

4.4 PLAZOS:

Los plazos son la parte primordial de toda obra realizada, en cualquier ámbito en la vida.

En toda obra y en especial, en las de Construcción Naval, donde están tan envueltas fechas, compromisos, concesiones, dinero, etc. se deben cumplir a cabalidad las fechas de plazo.

Estas fechas están estipuladas generalmente en el contrato de construcción del buque. Donde en éste se hacen referencias a hitos importantes de la construcción, donde son los que se manejan los pagos, multas y/o atrasos.

Una vez estipulados estos plazos generales, se hace una planificación a conciencia, estipulando ahora metas medianas, y pequeñas metas, que a medida que se van realizando van adquiriendo mayor validez en cuanto a alcanzar las metas principales se refiere.

Un ejemplo claro de planificación con respecto al tiempo, es las cartas Gantt.

Claramente, el cumplimiento de los plazos depende principalmente de los recursos humanos que se tengan asignados a cada tarea.

A continuación se muestra una carta Gantt con hitos generales y específicos del circuito de enfriamiento por agua de mar. (fig 4.4.1)

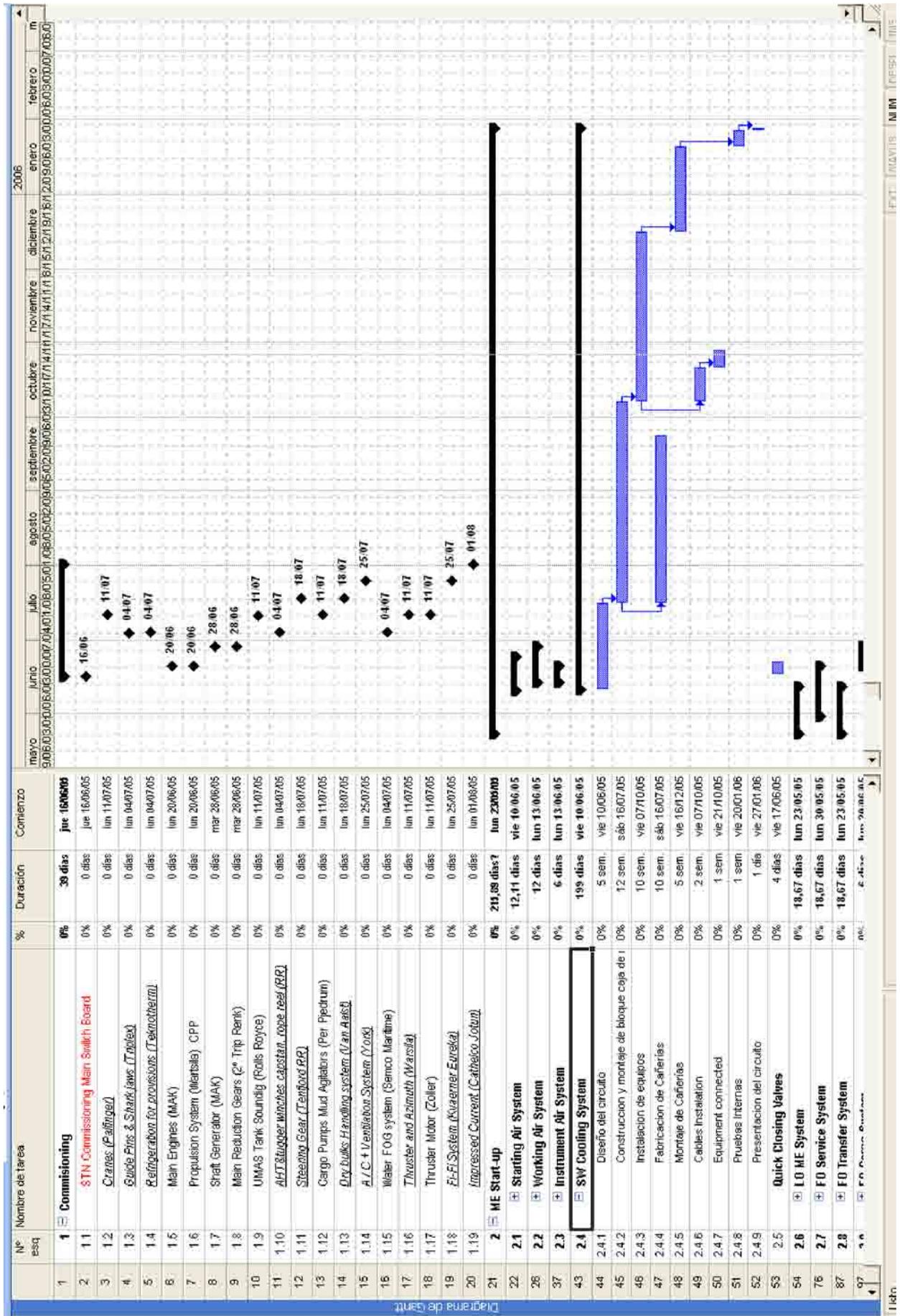


fig 4.4.1 Carta Gantt

CONCLUSIONES

Hemos podido ver como podemos desenvolver un proyecto completo de selección e instalación a bordo de un circuito de enfriamiento centralizado por agua de mar.

Mencionamos y explicamos todos los sistemas de enfriamiento existentes en el mercado, detallándolos y mostrando diagramas explicativos de cada sistema.

De acuerdo a los requerimientos a bordo, logramos establecer las funciones del circuito a bordo, enumerándolas y dándole sus explicaciones pertinentes de acuerdo con su desempeño a bordo.

Mencionamos y localizamos las reglas que nos da la casa clasificadora LRS acerca de circuitos de enfriamientos a bordo, rescatando que solo dan consideraciones y reglas de diseño, pero que no se responsabilizan por un eficiente desempeño del propio circuito de enfriamiento. Esto es función únicamente del diseñador.

Mencionamos datos relevantes de las especificaciones técnicas en lo que se refiere al circuito propio. Recordando que las especificaciones técnicas son uno de los más importantes documentos legales entre el armador y el astillero, y que se debe respetar exactamente lo que allí se estipula.

Mostramos a manera de ejemplo, un cálculo completo de los principales elementos del circuito, incluyendo las cañerías. Cabe señalar que tomamos en cuenta los diferentes modos de operación para hacer este cálculo y se diseño siempre en la condición más desfavorable posible.

Mencionamos y explicamos cada elemento a utilizar su forma de selección y sus principales consideraciones en la adquisición, dando ejemplos de cada uno, en los anexos correspondientes.

Las consideraciones principales dadas en la instalación a bordo, son una recopilación de experiencia laboral de muchos años plasmadas en el papel, complementadas con datos técnicos de publicaciones y artículos relacionados al tema, que hacen que este trabajo de tesis tenga una gran validez como instrumento guía para los objetivos buscados.

A manera de mostrar cómo es la etapa de puesta en marcha, se hizo en el capítulo 3 un detallado seguimiento de esta etapa, considerando todos los puntos necesarios para poner en marcha el circuito.

Y por último, los registros y entregas del sistema, se mostraron para conocimiento y guía del lector en lo que a etapas como estas requieren.

Este trabajo representa la esencia neta, de lo que el diseño, selección e instalación buscan en un proyecto o trabajo de calidad ingenieril.

GLOSARIO DE TERMINOS:

1. **Commissioning:** Asesoría o inspección final de proveedores, para garantizar una correcta instalación de su producto.
2. **Rules of Thumb:** Término utilizado por diversos autores para llamarle a una regla que se adquirió con la práctica o experiencia.
3. **Piping:** Sistemas de cañerías.
4. **Biofouling:** Crecimiento de moluscos dentro o en el planchaje del buque.
5. **MGPS:** Marine Growth Prevention System. Sistema de Prevención de Crecimiento Marino.
6. **MMA:** Manual Metal Arc Welding. Soldadura por arco manual metal.
7. **SMAW :** Shielded Metal Arc Welding. Soldadura blindada por arco metal.
8. **MIG:** Metal Inert Gas. Soldadura por atmósfera de gas metal inerte.
9. **GMAW:** Gas Metal Arc Welding. Soldadura por arco de gas metal.
10. **TIG:** Tungsten Inert Gas. Soldadura por atmósfera de gas tungsteno inerte.
11. **GTAW:** Gas Tungsten Arc Welding. Soldadura por arco de gas tungsteno.
12. **Gunmetal:** Aleación de Cobre, Latón y Zinc en diferentes porcentajes.
13. **Backing Cerámico:** Respaldo cerámico utilizado para garantizar total penetración en el proceso de soldadura, como también es utilizado en espacios donde solo se puede hacer un solo cordón de soldadura en la pieza.
14. **Torch:** Electrodo especial que posee un conducto para permitir el paso de oxígeno para un proceso de corte de metales con oxígeno.
15. **Disco Flap:** Disco o Pieza de pulido o limpieza no devastadora, usado para terminaciones de superficies.
16. **Factor de Limpieza o Fouling 0.85:** Factor utilizado en el Diseño del Circuito para garantizar que el circuito sea eficiente cuando se encuentre con un 15% de suciedad total (en especial los intercambiadores de calor).
17. **Planos “As Built”:** Planos solicitados por el armador, que muestran como quedó realmente en terreno instalado cada circuito. Estos planos corresponderían a un levantamiento en terreno, o planos de diseños con modificaciones en terreno.
18. **NAS 7:** Factor de Limpieza que en los Standares de Limpieza Internacional corresponde a ISO 16/13. Esto significa que en un volumen de 1ml podemos encontrar 16 partículas de 5 o más micrones, y 13 partículas de 15 o más micrones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Marine Engineering (SNAME)
2. CAT Marine Analyst Service Handbook
3. Marine Steam Engines and Turbines
4. Marine Auxiliary Machinery (SNAME)
5. Head and Flow Calculations for Piping Design
6. Automatización Neumática en la Industria SMC.
7. Application and Installation Guide 3500 CAT ENGINES

Páginas de Internet:

8. www.cda.org
9. www.cooper.org
10. www.monografias.com
11. www.frigoristas.net
12. http://www.search.globalspec.com/Industrial/heat_exchangers/types_of_heat_exchangers
13. http://www.indura.cl/fichas_tecnicas_soldadura.htm
14. “Obtención, manejo y mantención del agua de enfriamiento de motores de combustión a bordo.” Tesis Leonardo Muñoz
15. “Cathelco, Marine Growth Prevention” brochure
16. “Catálogo de Válvulas Econosta”
17. “Cotizaciones y órdenes de compras” Westfalia Chile
18. “Aire en tuberías de agua” Segunda edición 2005, una publicación de Agua para la Vida por Gilles Corcos, California USA
19. Wolverine Tube Heat Transfer Data Book, Basic Equations for Heat Exchanger Design
20. “Basic Understanding and Flow Calculations and Estimates”
21. “Anti-fouling Systems for Offshore and Coastal Applications”, Cathelco Systems.
22. “General Piping Design”, EM 1110-1-4008, ASME.
23. “Valves” , EM 1110-1-4008, ASME.
24. “Combining Ship Machinery System Design and First Principle Safety Analysis” 8th Int. Marine Design Conference, Athens, May 2003
25. “Cooling Water Flow Calc”, World Wide Water; Mequon WI 53097
26. “The Copper Tube Handbook” Copper Development Association CDA, USA
27. “DeltaP Valve System Design Manual” Revision B, October 2003, Flow Control Industries Inc.

28. "DOE Fundamentals Handbook Thermodynamics, Heat Transfer and Fluid Flow" Volume 1 of 3, U.S. Department of Energy, Washington, D.C 20585
29. "Estudio de Sistemas Complejos de Tuberías en el Entorno Simusol" UNCa Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina.
30. "Flow in Pipes and Channels" Hydraulics 2, David Apsley
31. "Fórmulas, Tablas y Figuras de Transferencia de Calor" Juan Carlos Ramos González, Universidad de Navarra, Escuela Superior de Ingenieros
32. "Formulas, Tablas y Figuras de Intercambiadores de Calor" Tecnología energética, Universidad de Navarra, Escuela Superior de Ingenieros
33. "Fluid Cleanliness Standards" ISO 16/13
34. "Heat Exchanger Design" Michael Armbruster Departmente of Mechanical Engineering, IUPUI, USA.
35. "Instruction Manual Boxcooler" Bloksma Heat Exchangers.
36. "Operation and Maintenance of Cathodic Protection System" Department of the U.S. Army Corps of Engineers Installation Support Division.
37. "Piping and Plumbing" Norsok Standards.
38. "Piping Specification Standards" Anvil International Inc.
39. "Piping Systems" J. David Bankston and Fred Eugene Baker, SRAC, USA.
40. "Seawater Piping Biofouling Prevention" USEPA
41. "Tabla de Fittings" Novotek Inc.
42. "Typical Failures of CuNi 90/10 Seawater Tubing Systems and How to Avoid Them" Wilhelm Schleich, Technical Advisory Service, KM Europa Metal AG, Germany
43. "Usage Guide for ISO 10303-227 for Ship Piping Systems" Dr. Gerald M. Radack Concurrent Technologies Corporation, Johnstown, PA 15904