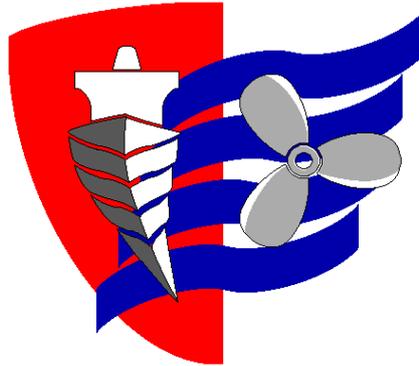


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA  
DULCE EN UN BUQUE TANQUE**

*(Calculation and design of freshwater system in  
a tanker)*

Para acceder al Título de

**GRADO EN INGENIERÍA MARINA**

**Autor: Antonio Cordero Sánchez  
Directora: Belén Río Calonge**

**Junio-2015**

+

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

*Trabajo Fin de Grado*

**CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA  
DULCE EN UN BUQUE TANQUE**

*(Calculation and design of freshwater system in  
a tanker)*

Para acceder al Título de

**GRADO EN INGENIERÍA MARINA**

Junio-2015

# ÍNDICE

1. Memoria .....	8
1.1. General .....	8
1.1.1. Título .....	8
1.1.2. Destinatario .....	8
1.1.3. Objeto del proyecto o planteamiento del problema.....	8
1.1.4. Sistema de codificación del proyecto .....	8
1.1.5. Normativa .....	11
1.2. Datos principales del buque .....	11
1.3. Descripción de la instalación antigua .....	13
1.4. Sistemas de generación de agua dulce .....	17
2. Cálculos .....	20
2.1. Generalidades.....	20
2.1.1. Prefacio.....	20
2.1.2. Términos y condiciones .....	20
2.1.3. Datos del buque .....	21
2.1.4. Determinación del volumen de agua requerida .....	21
2.2. Método de cálculo de la generación .....	23
2.2.1. Método de cálculo de las tuberías de agua salada .....	23
2.2.2. Método de cálculo de las tuberías de agua de camisas .....	27
2.2.3. Método de cálculo de las tuberías de agua destilada .....	29
2.2.4. Método de cálculo desde los tanques almacén hasta la unidad de agua potable.....	33
2.3. Método de cálculo de la distribución .....	36
2.3.1. Instalación de agua fría .....	37
2.3.2. Instalación de agua caliente .....	39
3. Elección de elementos.....	43
3.1. Tuberías .....	43
3.1.1. Tuberías de polipropileno.....	43
3.1.2. Tuberías de acero .....	44
3.2. Bombas.....	44
3.2.1. Bomba eyectora .....	44
3.2.2. Bomba de agua de camisas .....	44
3.2.3. Bomba de agua destilada .....	45

3.2.4.Bomba de agua caliente .....	45
3.2.5.Bomba de agua fría .....	45
3.3.Elementos.....	46
3.3.1.Desalinizador .....	46
3.3.2.Salinómetro .....	47
3.3.3.Sistema de dosage de químicas.....	47
3.3.4.Tanque hidrófobo .....	48
3.3.5.Calentador de agua .....	49
3.3.6.Esterilizador .....	50
3.3.7.Mineralizador .....	51
4.Planos .....	56
4.1.Circuito de agua de camisas .....	56
4.2.Circuito de agua salada .....	56
4.3.Circuito fwg – tanques.....	56
4.4.Circuitos tanques – unidad de abastecimiento sanitario .....	56
4.5.Distribución de agua caliente .....	56
4.6.Distribución de agua fría .....	56
5.Presupuesto.....	59
5.1.Presupuesto desglosado en partidas.....	59
5.1.1.Tuberías de acero al carbono .....	59
5.1.2.Tuberías de polipropileno.....	59
5.1.3.Accesorios de polipropileno .....	59
5.1.4.Accesorios metálicos .....	60
5.1.5.Equipos .....	61
5.1.6.Tornillería.....	62
5.1.7.Consumibles, material de seguridad y medios provisionales .....	63
5.1.8.Mano de obra .....	63
5.2.Balance final del presupuesto .....	64
6.Pliego de Condiciones .....	67
6.1.Pliego de Condiciones generales .....	67
6.1.1.Condiciones generales.....	67
6.1.2.Materiales.....	68
6.1.3.Ejecución de las obras .....	68
6.1.4.Responsabilidades .....	70

6.1.5.Contrato.....	71
6.2.Pliego de Condiciones Económicas .....	72
6.2.1.Abono de las obras.....	72
6.2.2.Precios .....	72
6.2.3.Penalizaciones .....	72
6.2.4.Fianza.....	73
6.2.5.Demoras .....	74
6.2.6.Responsabilidad por daños .....	74
6.3.Pliego de condiciones facultativas.....	75
6.3.1.Normas a seguir.....	75
6.3.2.Personal.....	75
6.3.3.Reconocimientos y ensayos previos.....	76
6.4.Estudio de seguridad y salud.....	77
6.4.1.Riesgos y medidas preventivas.....	77
6.4.2. Medios y equipos de protección colectiva e individual.....	81
6.4.3. Formación e información a los trabajadores.....	82
7.Anexos .....	85
7.1.Diagrama de moody .....	85
7.2.Tablas de pérdidas de carga en accesorios.....	85
8.Bibliografía.....	93
8.1.Libros .....	93
8.2.Páginas Web .....	93
8.3.Normativa.....	94

## **RESUMEN EN ESPAÑOL**

El proyecto realizado consiste en la explicación del funcionamiento del sistema de generación y distribución de agua dulce a bordo de un buque tanque, durante la cual se sustituirá un sistema que utiliza vapor por otro más moderno que aprovecha el agua caliente de las camisas de los motores principales.

Los sistemas de generación de agua dulce que utilizan vapor presentan una serie de inconvenientes que se solucionan utilizando el sistema de agua caliente de camisas. Evitamos la aparición de incrustaciones al mantener unas temperaturas por debajo de los 100°C, ayuda a la refrigeración de los motores al mismo tiempo que aprovechamos un calor residual.

Las normas que se han tenido en cuenta durante el desarrollo son las UNE ISO 15748-1 y la UNE ISO 15748-2 que tratan sobre el suministro de agua potable en buques y estructuras marinas, y la norma UNE 27650 que trata sobre los tubos de acero para la construcción naval.

Durante la realización de los cálculos se han tenido en cuenta las normas anteriores, de esta manera se han determinado los diámetros de las tuberías, y se han elegido los componentes que mejor responden a las necesidades del proyecto.

## **SUMMARY IN ENGLISH**

The project consists in explaining the operation of generation and distribution of fresh water on board a tanker. A system that uses steam to one that uses liner engine water is replaced.

Generation systems that use steam have a number of drawbacks that are solved using the hot water system of liner engine. Avoid the incrustations to maintain temperatures below 100 ° C, and help to cooling the engine.

The rules have been taken into account during development are the UNE ISO 15748-1 and ISO 15748-2 UNE dealing with the water supply on ships and marine structures, and the UNE 27650 dealing tubes steel for shipbuilding.

The calculations have taken into account the previous rules, so we have determined the diameters of the pipes, and have selected the components that best meet the needs of the project.

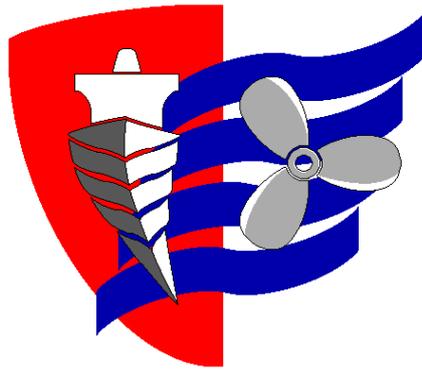
## **PALABRAS CLAVE DEL PROYECTO**

Agua potable, salmuera, agua destilada, agua técnica, desalinizador.

### **Keyword**

Freshwater, brine, distilled water, technical water, evaporator.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**MEMORIA**

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 10

# 1. MEMORIA

## 1.1. GENERAL

### 1.1.1. TÍTULO

Cálculo y diseño del sistema de agua dulce en un buque tanque.

### 1.1.2. DESTINATARIO

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin de Grado al objeto de obtener el título de Grado en Ingeniería Marina.

### 1.1.3. OBJETO DEL PROYECTO O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objetivo de este proyecto es el de explicar el funcionamiento del sistema de generación y distribución de agua dulce a bordo de un buque tanque. Se tomará como referencia el buque LNG Valencia Knutsen.

En el desarrollo del proyecto se procederá a la sustitución de un sistema de generación de agua dulce que utiliza vapor, por otro más moderno que aproveche el agua caliente de las camisas de los motores principales.

### 1.1.4. SISTEMA DE CODIFICACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de esta sección es definir el sistema de codificación que se utilizará en el presente proyecto para la codificación de documentos. Esto permitirá una mayor facilidad para el control y seguimiento de la documentación emitida.

El código de documentos queda definido por la siguiente estructura:

Tabla 1. Estructura de la codificación del proyecto.

PROYECTISTA	TIPO DE DOCUMENTO	Nº PROCESO	Nº SUBPROCESO	ORIGEN DOCUMENTO
KKK	LL	N	X	Z

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-10-1.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 11

Tabla 2. Nomenclatura utilizada para la definición de los documentos.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
KKK	Código del proyectista para clasificación de sus trabajos según tabla 3
LL	Identifica el tipo de documento según tabla 4
N	Identifica el proceso al que pertenece el documento según tabla 5
X	Identifica el subproceso dentro de cada proceso según tabla 5
Z	Indica la procedencia del documento; P: propio; C: común; E: externo

Tabla 3. Identificación de proyectos a realizar por el propio proyectista.

CÓDIGO	PROYECTO INDIVIDUAL
001	Trabajo fin de grado, modelo para futuros proyectos profesionales

Tabla 4. Tipo de documento.

CÓDIGO	TIPO DE DOCUMENTO
10	Memoria
20	Cálculos
30	Elección de elementos
40	Planos
50	Presupuesto
60	Pliego de condiciones
70	Anexos
80	Bibliografía

Tabla 5. Listado de procesos y subprocesos.

CÓDIGO	PROCESOS Y SUBPROCESOS
10	Memoria Técnica 1.1. General 1.2. Datos principales del Buque 1.3. Descripción de la instalación antigua 1.4. Sistemas de generación de agua sanitaria
20	Cálculos 2.1. Generalidades 2.2. Método de cálculo de la generación 2.3. Método de cálculo de la generación
30	Elección de Elementos 3.1. Tuberías 3.2. Bombas 3.3. Elementos
40	Planos 4.1. Circuito de agua de camisas 4.2. Circuito de agua salada 4.3. Circuito de FWG-Tanques 4.4. Circuito tanques- Unidad de abastecimiento sanitario 4.5. Distribución de agua caliente 4.6. Distribución de agua fría
50	Presupuesto 5.1. Presupuesto desglosado en partidas 5.2. Balance final del presupuesto
60	Pliego de Condiciones 6.1. Pliego de Condiciones generales 6.2. Pliego de Condiciones económicas 6.3. Pliego de Condiciones facultativas 6.4. Estudio de seguridad y salud
70	Anexos 7.1. Anexo I

TRABAJO FIN DE GRADO		REF: 001-10-1.1	
INGENIERÍA MARINA		FECHA: 17/06/2015	
		REV: 02	PAG: 13

	7.2. Anexo II.
80	Bibliografía 8.1. Libros 8.2. Páginas web 8.3. Normativa

### 1.1.5. NORMATIVA

Para la realización del proyecto se tendrán en cuenta una serie de normas con el fin de que el resultado esté acorde con la legislación vigente. Las principales normas en las que se va a sustentar el proyecto son la norma UNE ISO 15748-1 y la UNE ISO 15748-2 que tratan sobre el suministro de agua potable en buques y estructuras marinas, y la norma UNE 27650 que trata sobre los tubos de acero para construcción naval.

### 1.2. DATOS PRINCIPALES DEL BUQUE

El buque en el que me voy a basar es el LNG Valencia Knutsen. Se trata de un buque de bandera española con una eslora de aproximadamente 290 metros, una manga de 45,8 metros y un calado de 12 metros.

El cuanto a las cubiertas, el buque está distribuido de la siguiente manera desde la cubierta más alta a la más baja:

- Navigation bridge
- D deck
- C deck
- B deck
- A deck
- Upper deck
- 1st deck
- 2nd deck

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-10-1.2	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 14

- 3rd deck
- Floor
- Tank top
- Base

La propulsión es del tipo diésel-eléctrica. Los dos motores de propulsión son de la marca Converteam con una potencia de 13600 kW cada uno a 570 rpm. Cada uno de estos motores-propulsores conduce una hélice de paso fijo y cinco palas cada una.

Los motores-generadores son cuatro de 4 tiempos de la compañía Wartsila. Posee tres 12V50DF de 11400 kW cada uno, y un 9L50DF de 8550 kW, todos ellos tienen un régimen de giro de 514rpm. Con ello este buque es capaz de mantener una velocidad de crucero de 19.5 nudos.

Estos modelos de motor tienen la particularidad de ser duales, lo que quiere decir que pueden funcionar con diésel o fuel, y también con el gas de los tanques de carga.

La planta de vapor se compone de dos calderas auxiliares y de dos economizadores de los gases de escape. En condiciones normales de navegación los economizadores son capaces de producir el vapor suficiente, pero en caso de que aumente la demanda de vapor, o de que el buque no se encuentre en navegación las calderas auxiliares entran en funcionamiento.

Las dos calderas auxiliares son del tipo verticales del fabricante Aalborg, modelo Mission OS, cada una de ellas tiene una capacidad de 6000kg/h y producen vapor saturado a una presión de 7.0 bar.

En cuanto a la carga, este buque tiene una capacidad de 173400  $m^3$  de gas licuado distribuido en cuatro tanques de membrana a -163°C.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-10-1.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 15

### 1.3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ANTIGUA

El sistema que queremos sustituir utiliza vapor obtenido en la caldera para conseguir la evaporación del agua de mar. Se trata de un destilador de simple efecto y de tubos sumergidos.

En este tipo de destilador, el vapor procedente de la caldera entra en los tubos del evaporador sin ningún tipo de control sobre la presión, lo que hace necesario temperaturas de más de 100°C, esto produce problemas de incrustaciones. Se trata de un sistema de caro mantenimiento y bajo rendimiento.

El uso de evaporadores que utilizan el calor del agua de refrigeración de los motores presenta varias ventajas. En primer lugar ayuda al sistema de refrigeración de los motores, en segundo lugar este sistema es menos propenso a la aparición de incrustaciones en el evaporador, y en tercer lugar aprovechamos un calor residual.

Se instalarán dos evaporadores, uno de ellos aprovecha el calor del motor principal número 1 y el otro el del número 4. Cada uno de ellos tiene una capacidad de producción de agua destilada de 30 m<sup>3</sup>/día.

Están fabricados por la compañía Donghwa Entec. Se trata del modelo DF 23/30, de placas y simple etapa.

El generador de agua dulce está constituido a grandes rasgos de un evaporador y de un condensador, de las bombas de circulación, del sistema de dosage de las químicas y del eyector.

Para conseguir la evaporación del agua salada utiliza el calor del agua de las camisas de los motores que está a unos 80°C, esta temperatura unida al vacío creado en el interior del evaporador consiguen hacer evaporar el agua salada obteniendo agua destilada.

El agua salada es bombeada desde la toma de agua de mar mediante la bomba eyectora y es introducida en el condensador, tras salir del condensador el flujo se divide.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-10-1.3	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 16

Una parte va hacia el eyector que crea el vacío necesario para conseguir la evaporación del agua además de evacuar la salmuera, y a la salida del eyector esta agua es expulsada por la borda.

La otra parte del flujo entra en el evaporador, a este flujo se le añaden las químicas para evitar incrustaciones y la formación de espumas. Una vez dentro del evaporador gracias a la acción del agua caliente de las camisas y al vacío creado en el eyector, parte del agua se evapora y asciende hacia el condensador. La parte que no se evapora posee una alta concentración de sal, y es expulsada por la borda por medio del eyector.

En su ascensión hacia el condensador el vapor atraviesa un desnebulizador, éste consiste en una especie de filtro que atrapa las gotas líquidas que pueden ser arrastradas por la corriente de vapor.

Este vapor de agua al entrar en contacto con las placas frías del condensador se convierte en estado líquido, entonces es bombeado por medio de la bomba de agua destilada.

A continuación de esta bomba se encuentra un salinómetro que mide la salinidad del agua destilada. Si se detecta una salinidad medida en partes por millón superior a la requerida, se activa una válvula de solenoide que envía el agua de nuevo al interior del evaporador. Pero si la salinidad está por debajo del límite la válvula de solenoide está cerrada y entonces el agua destilada es conducida a los tanques de almacenamiento.

El agua caliente de las camisas se toma mediante una bomba y es introducida en el evaporador. Recordemos que, al utilizar el agua de las camisas en lugar de vapor caliente, conseguimos un ahorro de vapor y un mayor control en el enfriado del agua de los motores.

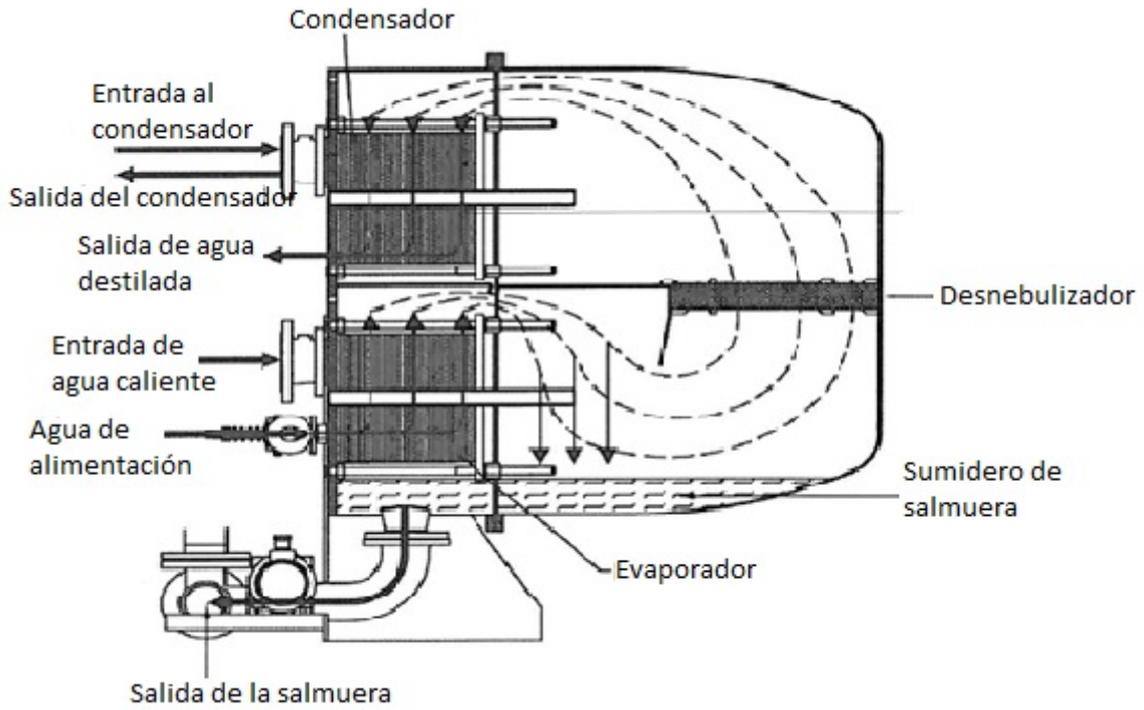


Figura 1. Generador de placas.

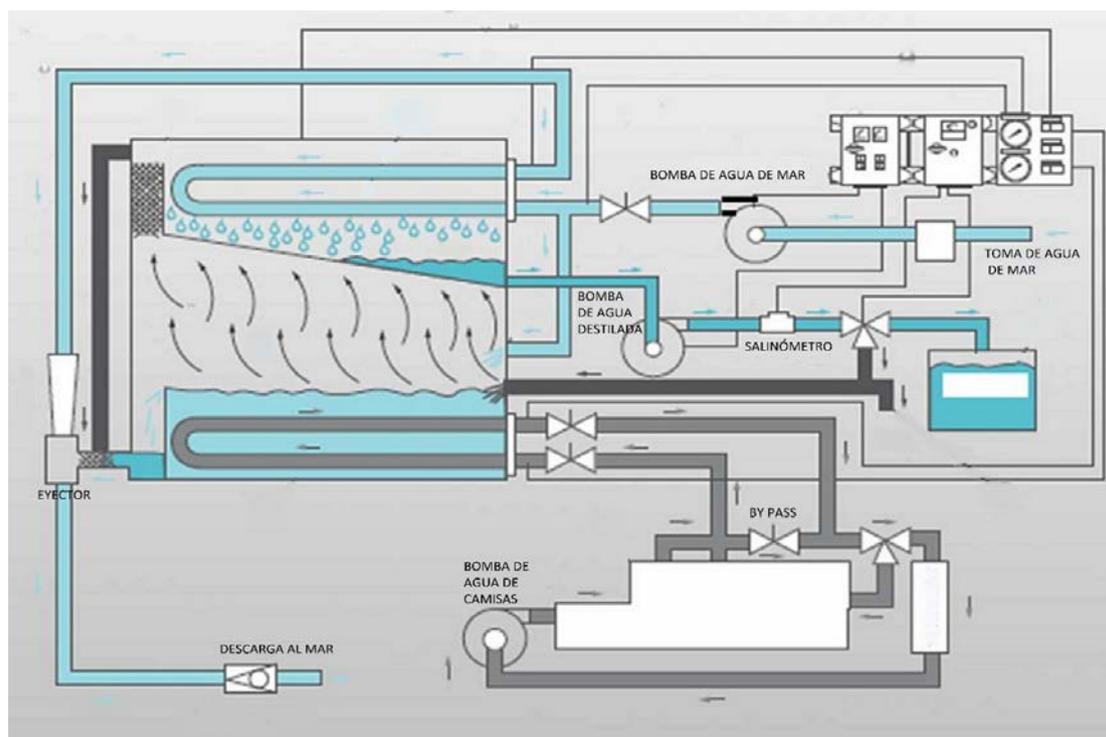


Figura 2. Esquema del evaporador.

#### 1.4. SISTEMAS DE GENERACIÓN DE AGUA DULCE

El agua dulce puede ser producida a bordo mediante el proceso de destilación térmica o mediante la ósmosis inversa. El proceso de destilación térmica requiere del uso de calor para físicamente separa una porción de agua destilada del agua salada. La desalinización por osmosis inversa permite producir agua destilada a partir de agua de mar, gracias a una membrana semipermeable.

- Evaporador Flash:

Son empleados si se desea evitar la evaporación del producto sobre la superficie de transmisión de calor, para evitar su ensuciamiento o cristalización. La velocidad de flujo en los tubos debe de ser alta y se requieren bombas de alta capacidad.

El agua salada es calentada en al intercambiador de calor y parciamente evaporada cuando la presión es reducida en la cámara flash.

- Evaporador Spray-film:

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-10-1.4	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 19

Este sistema consiste en hacer caer el agua salada por las paredes internas de unos tubos, mientras que por el exterior de la pared se aplica vapor caliente. A la salida de los tubos, una parte del agua salada se ha evaporado formando vapor, el cual se condensa a continuación. El agua salada que no se ha evaporado se vuelve a hacer pasar.

- Evaporador de tubos sumergidos:

Este tipo de evaporador se caracteriza por que los tubos de conducción del vapor se encuentran sumergidos en la salmuera. En los tubos el vapor cede su calor latente, el vapor producido por el calentamiento del agua salada, pasa al condensador-destilador donde se enfriará con agua de refrigeración.

Este sistema tiene varios inconvenientes. Por un lado la presión del evaporador es incontrolada, como el proceso es a presión atmosférica se requieren de altas temperaturas, lo que da lugar a incrustaciones en los tubos. Otro problema es que se desperdicia al mar una gran cantidad de calor.

- Evaporador de placas:

Son de funcionamiento idéntico a los evaporadores de tubos sumergidos. No obstante este tipo de evaporador se suele utilizar para sistemas que aprovechan el calor del agua de camisas de los motores.

- Por membranas semipermeables:

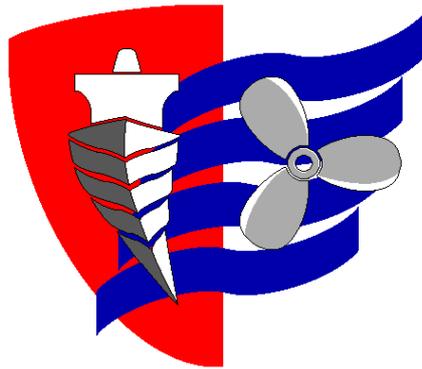
Se trata de un tanque separado por una membrana semipermeable. A un lado se tiene agua dulce y al otro lado de la membrana agua salada, esto produce una diferencia de presiones entre una y la otra parte de la membrana debido a la diferencia de concentraciones. Esta presión denominada osmótica, hace pasar el agua dulce hacia el lado de más concentración, hasta que las concentraciones se igualen.

Para realizar la ósmosis inversa se debe aplicar una presión mayor que la presión osmótica en el lado de la alta concentración, siendo para el agua de mar de unos 60bar. Bajo estas condiciones el agua fluye de la columna de

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-10-1.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 20

alto contenido en sólidos disueltos a la columna con bajo contenido en solidos disueltos.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**DISEÑO Y CÁLCULOS**

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 22

## 2. CÁLCULOS

### 2.1. GENERALIDADES

#### 2.1.1. PREFACIO

Para la realización de los cálculos nos basaremos en la norma ISO 15748, esta norma esta titulada como “*Embarcaciones y tecnología marina – Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas*”.

La presente norma está dividida en dos secciones, la parte 1 acerca de la planificación y el diseño, y la parte 2 acerca de los métodos de cálculo.

#### 2.1.2. TÉRMINOS Y CONDICIONES

El sistema que se va a instalar en el buque debe de respetar en todo momento las normas anteriores, la selección de los elementos así como los cálculos elaborados para realizar dicha selección deberán de hacerse de acuerdo con la norma ISO 15748.

De este modo, siguiendo la norma obtendremos los requisitos de capacidad de almacenamiento de agua potable a bordo y los requisitos sanitarios que el agua dulce debe cumplir.

Para la realización de los cálculos se supondrán unas velocidades máximas de flujo por las tuberías proporcionado por la norma ISO, estas velocidades son las siguientes:

- Sala de máquinas: 2.5 m/s
- Espacios públicos: 2 m/s
- Cubiertas: 1.4 m/s
- Hospital: 1 m/s
- Líneas de aspiración de las bombas: 1 m/s
- Líneas de circulación: 0.5 m/s

#### 2.1.3. DATOS DEL BUQUE

El buque con el que se va a trabajar posee una tripulación de 40 personas, además de disponer de un camarote con capacidad para 6 tripulantes de Suez. Por lo tanto

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 23

consideraremos para los cálculos una tripulación de 46 miembros y una demanda punta de agua potable.

Para la obtención de agua potable se disponen de dos evaporadores con una capacidad de producción de 30 metros cúbicos cada uno por día. Esta agua potable se almacena en dos tanques con una capacidad de 200.1 metros cúbicos cada uno.

El suministro de agua fría y agua caliente se realiza por separado. Es decir, por un lado el agua fría se suministra a todo el buque mediante las bombas del tanque hidrófobo. Por su parte, el agua caliente está en constante circulación mediante las bombas de circulación de agua caliente, gracias a este sistema se dispone de agua caliente instantáneamente en el grifo pero es necesaria la instalación de un circuito de agua caliente doble, uno para el suministro y otro para el retorno.

#### 2.1.4. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA REQUERIDA

De acuerdo con las tablas de consumo de agua facilitadas por la norma ISO 15748-2 y sabiendo que el buque está equipado con aseos de vacío, se obtiene el siguiente gasto de agua por tripulante al día.

Tabla 6. Consumo de agua según norma ISO 15748-2.

PUNTO DE SERVICIO	CONSUMO/ UTILIZACIÓN (L)	FRECUENCIA DE USO/DÍA	CONSUMO AGUA FRÍA (L/DÍA)	CONSUMO AGUA CALIENTE (L/DÍA)	CANTIDAD TOTAL (L/DÍA)
Lavabo de pared	2	6x	5	7	12
Plato de ducha	60	2x	50	70	120
Retrete de vacío	1.2	6x	8	-	8
Zona de cocina	-	-	8	12	20
Lavandería	-	-	15	23	38
Limpieza	-	-	2	3	5

Según la estimación de esta tabla cada tripulante consume 203 litros de agua al día. Como el buque puede llegar a tener una tripulación de 46 miembros, el gasto de agua diario será de unos 9338 litros al día, es decir unos 10 metros cúbicos.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 24

Como ya se sabe, el buque dispone de dos tanques de almacenamiento de agua dulce con una capacidad cada uno de 200.1 metros cúbicos. Por lo tanto con los tanques totalmente llenos el buque tendría una autonomía de agua de 40 días aproximadamente, no obstante esta agua también se destina a otros usos aparte del servicio de agua caliente y agua fría. Estos otros usos son:

- Servicios de cubierta
- Sistemas de dosage de químicas
- Servicios en la sala de máquinas
- Sistema de espuma contra incendios
- “Cascade Tank”
- Limpieza del generador de gas inerte
- Funcionamiento de las purificadoras de aceite
- Tanques de expansión
- Limpieza de los turbocompresores
- Separador de sentinas
- Separador de lodos
- Sistema contra incendios
- Gamuza de basuras

Es por ello que en la práctica es complicado conocer el gasto total de agua al día, ya que este puede ser muy variable. Es por ello por lo que se ha optado por la instalación de dos evaporadores con una capacidad de producción de agua conjunta de 60 metros cúbicos por día, con ello nos aseguramos una producción de agua superior a las necesidades del buque.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 25

## 2.2. MÉTODO DE CÁLCULO DE LA GENERACIÓN

### 2.2.1. MÉTODO DE CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS DE AGUA SALADA

El circuito de agua salada está comprendido por las tuberías que van desde el domo de la toma de mar, a las bombas eyectoras, a los evaporadores y las tuberías por las que se envía el agua salada de nuevo al mar.

De acuerdo con el fabricante de los evaporadores, la bomba necesaria para suministrar el agua salada a los eyectores tiene un caudal de 72 metros cúbicos por hora, a una presión de 4.2 bar.

Por otro lado el eyector necesita una presión de entrada de entre 3 y 4 bar para su correcto funcionamiento.

Como ya se indicó al principio la velocidad máxima del fluido es de 2.5 m/s. Mediante este dato y el caudal podemos obtener el diámetro interno de la tubería:

$$Q = v * A = \frac{v * \pi * D^2}{4}$$

Siendo:

$$v = \text{velocidad del flujo } \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$A = \text{sección interna de la tubería } (mm^2)$$

$$D = \text{diámetro interno de la tubería } (mm)$$

$$Q = \text{caudal } \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

$$D = \sqrt{\frac{Q * 4}{v * \pi}} = \sqrt{\frac{\frac{72}{3600} * 4}{2.5 * 3.14}} = 0.1 \text{ metros} = 100 \text{ mm}$$

Debido a que el diámetro de la brida de la bomba eyectora es de 125 mm, utilizaremos este diámetro en las tuberías. Por lo tanto la velocidad del flujo será:

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} = \frac{\frac{72}{3600} * 4}{3.14 * 0.125^2} = 1.63 \frac{m}{s}$$

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 26

Como vemos nos da una velocidad de flujo menor, esto nos beneficia ya que habrá menos turbulencias, el ruido será menor y las pérdidas de carga debido a la velocidad serán menores.

Las tuberías que se van a utilizar son de acero al carbono galvanizado, en concreto se ha elegido la tubería ASTM A-53.

De acuerdo con la norma UNE 27650-76, determinamos el espesor en función del diámetro interno de la tubería, como nuestra tubería es de 125mm elegiremos un espesor intermedio, de 5.4mm.

- Pérdidas de carga desde la bomba eyectora N°1 hasta el generador de agua dulce de babor:

La longitud de la tubería es de 56 metros. De los cuales 6 son tramos verticales, siendo los 50 metros restantes horizontales. Tiene 2 curvas de 90°.

Para calcular las pérdidas de carga utilizaremos el método de Darcy-Weisbach:

$$H = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g}$$

Siendo:

*H = pérdida de carga equivalente en metros*

*f = coeficiente de fricción*

*L = longitud de la tubería (m)*

Primero hayamos el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v * D}{\gamma}$$

Siendo:

*\gamma = viscosidad cinemática*

En el caso del agua de mar la viscosidad cinemática es de  $1.05 * 10^{-6} m^2s^{-1}$ , este valor es para una temperatura de 20 °C.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 27

$$Re = \frac{1.63 * 0.125}{1.05 * 10^{-6}} = 194047$$

El coeficiente de rugosidad absoluto del acero galvanizado es de 0.15 mm. Por lo tanto la rugosidad relativa es:

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.15}{125} = 0.0012$$

Ahora mediante el Diagrama de Moody, y los valores del número de Reynolds y de la rugosidad relativa obtenemos el coeficiente de fricción:

$$f = 0.021$$

Ahora calculamos la longitud equivalente de los accesorios:

- Dos curvas de 90° (DN125) con una longitud equivalente de 1.8 metros.
- 50 metros de tubería horizontales.
- 6 metros de tubería verticales.
- 1 válvula de globo longitud equivalente de 38 metros.
- 1 válvula anti-retorno con una longitud equivalente de 10 metros.
- 3 válvulas de mariposa con una longitud equivalente de 1.6 metros.
- 1 reductor con una longitud equivalente de 3 metros.

Sustituyendo en la fórmula de Darcy-Weisbach los datos obtenidos:

$$H = \frac{0.021 * (2 * 1.8 + 50 + 6 + 1 * 38 + 1 * 10 + 3 * 1.6 + 1 * 3) * 1.63^2}{0.125 * 2 * 9.8}$$

$$H = 2.63 \text{ m. c. a.}$$

Ahora comprobaremos si la bomba alimenta el sistema de forma satisfactoria:

- La bomba tiene una presión de salida de 4.2 bar.
- Las pérdidas son de 2.63 m.c.a. lo que equivale a 0.25 bar.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 28

- Según el fabricante la caída de presión dentro del evaporador y el condensador son de 0.4 bar en cada uno.

Por lo tanto en la parte más desfavorable tendremos una presión de 3.15 bar. Lo que es suficiente para el correcto funcionamiento del eyector.

- Perdidas de carga desde la bomba eyectora N°2 hasta el generador de agua dulce de estribor:

La longitud de tubería es de 31 metros. De los cuales 6 son tramos verticales, siendo los 25 metros restantes horizontales. Se cuenta con dos codos a 90°.

En este caso los componentes y los datos son los mismos, lo único que varía es la longitud de la tubería. Por lo tanto pasamos a aplicar la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H = \frac{0.021 * (2 * 1.8 + 25 + 6 + 1 * 38 + 1 * 10 + 3 * 1.6 + 1 * 3) * 1.63^2}{0.125 * 2 * 9.8}$$

$$H = 2.06 \text{ m. c. a.}$$

Estos 2.06 m.c.a. equivalen a 0.2 bar. En este caso la presión después del generador de agua dulce es de 3.2 bar.

### 2.2.2. MÉTODO DE CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS DE AGUA DE CAMISAS

El circuito del agua caliente de las camisas es el encargado, mediante la bomba de agua de camisas, de suministrar el agua caliente al generador de agua dulce para la evaporación del agua de mar. La tubería será de acero al carbono galvanizado (ASMT A-53) de 125 mm, con un espesor de 5.4mm.

Como tanto la brida de la salida de la bomba es de 125mm, utilizaremos este diámetro para la tubería. Siempre y cuando la velocidad sea la adecuada.

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} = \frac{\frac{75}{3600} * 4}{3.14 * 0.125^2} = 1.69 \frac{m}{s}$$

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 29

La velocidad en la tubería es de 1.69 m/s. La viscosidad dinámica del agua a 80°C es de  $0.364 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$$Re = \frac{v * D}{\gamma} = \frac{1.69 * 0.125}{0.364 * 10^{-6}} = 580357$$

La rugosidad relativa es:

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.15}{125} = 1.2 * 10^{-3}$$

Ahora mediante el diagrama de Moody obtenemos el coeficiente de fricción:

$$f = 0.021$$

Longitud equivalente de los accesorios:

- 10 metros de tubería horizontal.
- 4 curvas de 90° con una longitud equivalente de 1.8 metros.
- 2 válvulas de mariposa con una longitud equivalente de 1.6 metros.
- 4 válvulas de globo con una longitud equivalente de 30 metros.
- Una reducción de 125 a 100 mm con una longitud equivalente de 3 metros.
- Un ensanchamiento de 100 a 125 mm con una longitud equivalente de 3 metros.

Sustituyendo en la fórmula de Darcy-Weisbach los datos obtenidos:

$$H = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g} = \frac{0.021 * (10 + 4 * 1.8 + 2 * 1.6 + 4 * 30 + 2 * 3) * 1.69^2}{0.125 * 2 * 9.8}$$

$$H = 3.58 \text{ m. c. a.}$$

Los cálculos realizados para el suministro de agua de camisas corresponden a uno de los evaporadores. Estos datos se pueden extrapolar al otro evaporador, ya que los dos son exactamente iguales.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 30

### 2.2.3. MÉTODO DE CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS DE AGUA DESTILADA

Este circuito abarca desde la salida de los evaporadores hasta los tanques de almacenamiento de agua dulce. Se utilizará el mismo tipo de tubería que en el circuito de agua salada, en este caso el diámetro de la tubería quedará determinado por la brida de salida de la bomba de agua destilada que recomienda el fabricante del evaporador.

La bomba que recomienda instalar produce un caudal de 2.5 m<sup>3</sup>/h a una presión de 3 bar. La brida de la descarga de la bomba es de 25mm, por lo tanto este será el diámetro que utilizaremos.

De acuerdo con la norma UNE 27650-76, determinamos el espesor en función del diámetro interno de la tubería, como nuestra tubería es de 25mm elegiremos un espesor intermedio, de 4mm.

La longitud de la tubería desde uno de los evaporadores a los tanques es de 63 metros, de los cuales 6 son verticales. Como tenemos dos evaporadores y estos descargan el agua destilada a los mismos tanques hay un punto del circuito en el que se unen las tuberías procedentes de los dos evaporadores mediante una conexión en T. Lo que habrá que comprobar es si es necesario aumentar el diámetro de la tubería aguas arriba de la conexión en T.

La velocidad del flujo aguas abajo de la conexión en T será:

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} = \frac{2.5}{3600} * 4}{3.14 * 0.025^2} = 1.41 \frac{m}{s}$$

La velocidad del flujo por la tubería será de 1.41 m/s, siendo esta una velocidad inferior a la máxima recomendada por la norma ISO 15748.

La velocidad del flujo aguas arriba de la conexión en T será:

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} = \frac{5}{3600} * 4}{3.14 * 0.025^2} = 2.83 \frac{m}{s}$$

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 31

Debido a que circula el doble de caudal resulta una velocidad mayor que la recomendada en la norma ISO 15748, por lo tanto habrá que aumentar el diámetro de la tubería aguas arriba de la conexión en T.

Vamos a calcular el diámetro para una velocidad de flujo de 1.41 m/s, la misma que aguas abajo de la conexión en T:

$$D = \sqrt{\frac{Q * 4}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{\frac{5}{3600} * 4}{3.14 * 1.41}} = 0.0354 \text{ m}$$

Nos da como resultado que, para mantener una misma velocidad de flujo necesitamos una tubería de 35.4mm. Por lo tanto elegiremos una tubería de diámetro nominal de 40mm. Para este diámetro de tubería elegimos un espesor de 4 mm, según la norma UNE 27650-76. Y comprobamos la velocidad definitiva del flujo aguas arriba de la conexión en T:

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} = \frac{\frac{5}{3600} * 4}{3.14 * 0.040^2} = 1.11$$

La velocidad aguas arriba de la conexión en T con la tubería de diámetro 40mm será de 1.11 m/s.

Por lo tanto habrá que calcular las pérdidas de carga aguas arriba y aguas abajo de la conexión en T por separado:

- Pérdidas de carga aguas abajo de la conexión en T:

Para calcular las pérdidas de carga utilizamos la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g}$$

Primero calculamos el número de Reynolds:

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 32

$$Re = \frac{v * D}{\gamma}$$

La viscosidad cinemática del agua destilada a 20°C es de  $1.004 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$$Re = \frac{1.41 * 0.025}{1.004 * 10^{-6}} = 35109$$

El coeficiente de rugosidad absoluto del acero galvanizado es de 0.15 mm, por lo tanto la rugosidad relativa será de:

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.15}{25} = 0.006$$

Ahora mediante los valores de la rugosidad relativa y el número de Reynolds obtenemos el coeficiente de fricción con la ayuda del diagrama de Moody.

$$f = 0.035$$

Ya podemos calcular la longitud equivalente de los accesorios:

- 1 válvula anti retorno de clapeta con una longitud equivalente de 2 metros.
- 3 válvulas de mariposa con una longitud equivalente cada una de 0.3 metros.
- Una curva de 90° con una longitud equivalente de 0.3 metros
- 1 ensanchamiento con una longitud equivalente de 1 metro.
- 1 conexión en T con una longitud equivalente de 1.5 metros
- 25 metros de tubería horizontal

Ahora sustituimos los datos en la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H = \frac{0.035 * (2 + 3 * 0.3 + 0.3 + 1 + 1.5 + 25) * 1.41^2}{0.025 * 2 * 9.8}$$

$$H = 4.35 \text{ m. c. a.}$$

- Pérdidas de carga aguas arriba de la conexión en T:

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 33

Como ya se ha dicho antes, esta tubería es de 40 mm de diámetro, y la velocidad del flujo es de 1.11 m<sup>3</sup>/h.

Primero calculamos el número de Reynolds:

$$R = \frac{v * D}{\gamma} = \frac{1.11 * 0.04}{1.004 * 10^{-6}} = 44232$$

En segundo lugar calculamos la rugosidad:

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.15}{40} = 0.0037$$

En el diagrama de Moody obtenemos el coeficiente de fricción mediante el número de Reynolds y la rugosidad:

$$f = 0.03$$

Ya podemos calcular la longitud equivalente de los accesorios:

- Una conexión en T con una longitud equivalente de 2.4 metros
- Una curva de 90° con una longitud equivalente de 0.5 metros
- Una válvula de globo con una longitud equivalente de 12 metros
- Una válvula anti-retorno con una longitud equivalente de 3 metros
- 6 metros de tubería vertical
- 19 metros de tubería horizontal

Sustituyendo los datos en la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g} = \frac{0.03 * (2.4 + 0.5 + 12 + 3 + 6 + 19) * 1.11^2}{0.04 * 2 * 9.8}$$

$$H = 2.02 \text{ m. c. a.}$$

Por lo tanto la pérdida total desde el evaporador a un tanque de almacenamiento será la suma de los metros de columna de agua de la tubería de 40 mm y de la de 25 mm. Esto da unas pérdidas de 2.02+4.35= 6.37 m.c.a.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 34

Estos 6.37 metros de columna de agua equivalen a 0.62 bar. La bomba produce una presión de 3 bar, por lo tanto en el punto más desfavorable la presión será de 2.38 bar.

#### 2.2.4. MÉTODO DE CÁLCULO DESDE LOS TANQUES ALMACÉN HASTA LA UNIDAD DE AGUA POTABLE

Este tramo de tubería es el encargado de alimentar a las bombas del tanque hidrófobo. El agua destilada procedente de los tanques de almacenamiento llega hasta estas bombas, desde donde es enviada a todos los servicios del buque.

Se trata de una tubería de 56 metros de longitud, tiene en su recorrido 3 válvulas de mariposa, una conexión en T, y un filtro tal y como indica la norma UNE 15748-1.

Para este caso volvemos a utilizar la tubería de acero al carbono galvanizado ASTM A-53. El diámetro de esta tubería lo determinaremos de acuerdo con el caudal máximo capaz de aportar las dos bombas del tanque hidrófobo.

Las bombas que el fabricante incluye dentro del tanque hidrófobo suministran un caudal cada una de 8 m<sup>3</sup>/h a 7 bar.

Por lo tanto la línea de alimentación tiene que ser capaz de suministrar un caudal de 16 m<sup>3</sup>/h, sin sobrepasar la velocidad máxima de 2.5 m/s, comprobamos el diámetro necesario para obtener una velocidad de flujo de 2 m/s:

$$D = \sqrt{\frac{Q * 4}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{\frac{16}{3600} * 4}{3.14 * 2}} = 0.053 \text{ m}$$

Por lo tanto mediante el dato obtenido podemos seleccionar el diámetro nominal de tubería, en este caso tomaremos un diámetro de 50 mm, por ser el más cercano al valor obtenido. Ahora calculamos la velocidad que finalmente llevará el fluido:

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} = \frac{\frac{16}{3600} * 4}{3.14 * 0.05^2} = 2.26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 35

Sabiendo que la viscosidad cinemática del agua destilada a 20°C es de  $1.004 * 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s, hayamos el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v * D}{\gamma} = \frac{2.3 * 0.05}{1.004 * 10^{-6}} = 114540$$

Mediante el coeficiente de rugosidad absoluto del acero galvanizado, que es de 0.15 mm, obtenemos la rugosidad relativa:

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.15}{50} = 0.003$$

Ahora mediante el diagrama de Moody obtenemos el coeficiente de fricción:

$$f = 0.027$$

La longitud equivalente de los accesorios es:

- 56 metros de tubería horizontal.
- 3 válvulas de mariposa con una longitud equivalente de 0.5 metros.
- Una conexión en T con una longitud equivalente de 3 metros.
- El filtro no se considerará para los cálculos de pérdida de carga, ya que es despreciable.

Aplicando la fórmula de Darcy-Weisbach obtenemos las pérdidas de carga del tramo de tubería:

$$H = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g} = \frac{0.027 * (56 + 3 * 0.5 + 3) * 2.26^2}{0.05 * 2 * 9.8} = 8.51 \text{ m. c. a.}$$

### 2.3. MÉTODO DE CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN

Esta es la parte de las tuberías que discurren por la habitación, se acuerdo con la norma ISO 15748-2 la velocidad máxima del flujo por tuberías en la zona de habitación será de 1.4 m/s.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 36

Las tuberías a utilizar serán de polipropileno PP-R.

Las bombas encargadas de suministrar el agua son las dos bombas del tanque hidrófobo, estas trabajan a una presión de 7 bar y envían un caudal de 8 m<sup>3</sup>/h cada una. No obstante al caudal enviado a la distribución para agua sanitaria es de 5 m<sup>3</sup>/h, el resto se destina a los otros usos que requieren de agua dulce.

Para realizar los cálculos se supondrá que existe una demanda de agua caliente y agua fría en todas las cubiertas, con esto veremos si el sistema es capaz de abastecer al buque en una situación de alta demanda.

El agua parte del tanque hidrófobo donde se mantiene a una presión de 7 bar, desde aquí se dirige al mineralizador que tiene una caída de presión de 0.15 bar, después el flujo atraviesa el esterilizador UV donde se produce otra caída de presión de 0.1 bar, a continuación el flujo se dirige a la acomodación para su distribución.

A partir de aquí el flujo se divide en dos caminos, uno para el suministro de agua fría, y el otro hacia el calentador para el suministro de agua caliente. En ambos circuitos la presión es la misma, pero el caudal no se divide de forma proporcional.

El caudal que es enviado al circuito de agua caliente es de 2 m<sup>3</sup>/h, mientras que el caudal del circuito de agua fría será de 3 m<sup>3</sup>/h.

### 2.3.1. INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA

La instalación de agua fría comprende desde las bombas del tanque hidrófobo hasta todos los consumidores de agua potable. Esto requiere una gran red de tuberías por toda la habilitación.

La tubería que se dirige hacia la habilitación sale de la unidad de suministro de agua dulce y se dirige hacia el "trunk cable" por aquí subirá verticalmente hasta la cubierta de navegación mediante una tubería de 27 metros.

En la cubierta U, saldrá una ramificación hacia un baño situado en esta cubierta, para ello se precisarán de 8 metros de tubería horizontal.

En cada una de las cubiertas comprendidas entre la A y la D, ambas inclusive, saldrá una ramificación de forma circular para abarcar todas las estancias que necesiten agua dulce. Por cada cubierta se necesitarán 94 metros de tuberías horizontales.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 37

Por último en la cubierta de navegación habrá una ramificación de 3 metros de tubería horizontal para suministrar agua dulce a un baño.

Según la información proporcionada por el fabricante del esterilizador UV, la salida de la brida es de 40mm de diámetro, por lo tanto este será el que vamos a utilizar en la instalación. Comprobaremos que para este diámetro no se sobrepasa la velocidad de 1.4 m/s.

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} = \frac{\frac{3}{3600} * 4}{3.14 * 0.04^2} = 0.66 \frac{m}{s}$$

La velocidad de flujo obtenida, 0.66 m/s, es inferior de 1.4 m/s, tal y como recomienda la norma ISO 15748-2.

Sabiendo que la viscosidad cinemática del agua dulce es de  $1.15 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , podemos hallar el número de Reynolds:

$$Re = \frac{v * D}{\gamma} = \frac{0.66 * 0.04}{1.15 * 10^{-6}} = 22956$$

Mediante el coeficiente de rugosidad absoluto del polipropileno, que es de 0.0015 mm, obtenemos la rugosidad relativa:

$$Rug = \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0015}{40} = 3.75 * 10^{-5}$$

Ahora con los datos del número de Reynolds y la rugosidad relativa vamos al diagrama de Moody para obtener el coeficiente de fricción:

$$f = 0.026$$

A continuación determinamos la longitud equivalente de los accesorios:

- 20 curvas a 90° con una longitud equivalente de 0.5 metros.
- 9 conexiones en T con una longitud equivalente de 2.4 metros.
- 7 válvulas de globo anti retorno con una longitud equivalente de 12 metros.
- 27 metros de tubería vertical.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 38

- 399 metros de tubería horizontal.

Aplicamos ahora la fórmula de Darcy-Weisbach para obtener las pérdidas de carga de la instalación de agua fría.

$$H = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g}$$

$$H = \frac{0.026 * (20 * 0.5 + 9 * 2.4 + 7 * 12 + 27 + 399) * 0.66^2}{0.04 * 2 * 9.8} = 7.82 \text{ m. c. a.}$$

Estos 7.82 metros de columna de agua equivalen a unas pérdidas de presión de 0.77 bar. A esta caída de presión también hay que sumarle las del tanque mineralizador que son de 0.15 bar, y las del esterilizador que son de 0.1 bar. Por lo tanto en el punto más desfavorable tendremos una presión de 6.98 bar.

### 2.3.2. INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE

La instalación de agua caliente comprende desde la salida del esterilizador UV, pasa por el calentador y se dirige hacia la acomodación. Este circuito irá paralelo al de agua fría, pero con la diferencia de que el circuito tiene retorno mediante las bombas de circulación de agua caliente.

Las tuberías en este caso también van a ser de 40mm de diámetro, ya que esta es la medida que tienen las bridas de entrada y de salida de agua del calentador.

Primero calculamos la velocidad que tendrá el flujo de agua caliente:

$$v = \frac{Q * 4}{\pi * D^2} = \frac{\frac{2}{3600} * 4}{3.14 * 0.04^2} = 0.44 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto la velocidad del agua caliente por las tuberías será de 0.44 m/s.

Sabiendo la viscosidad cinemática del agua a 70°C es  $0.413 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , hallamos el número de Reynolds:

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-20-2.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 39

$$Re = \frac{v * D}{\gamma} = \frac{0.44 * 0.04}{0.413 * 10^{-6}} = 42615$$

Como las tuberías también son de polipropileno y además son del mismo diámetro que en el caso anterior, la rugosidad relativa será la misma, es decir  $3.75 * 10^{-5}$

A continuación con el diagrama de Moody obtenemos el coeficiente de fricción:

$$f = 0.022$$

A continuación se determinan las longitudes equivalentes de los accesorios:

- 32 curvas a 90° con una longitud equivalente de 0.5 metros.
- 10 conexiones en T con una longitud equivalente de 2.4 metros.
- 14 válvulas de globo anti retorno con una longitud equivalente de 12 metros.
- 54 metros de tubería vertical.
- 446 metros de tubería horizontal.

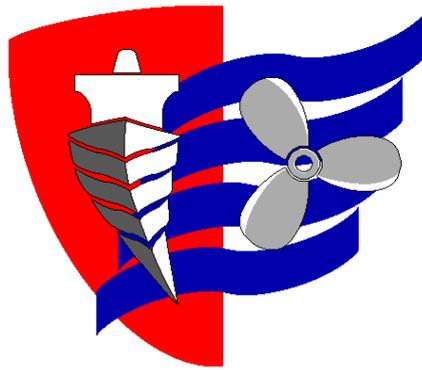
Aplicando la fórmula de Darcy-Weisbach obtenemos las pérdidas de carga de la tubería de agua caliente.

$$H = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g}$$

$$H = \frac{0.022 * (32 * 0.5 + 10 * 2.4 + 14 * 12 + 54 + 446) * 0.44^2}{0.04 * 2 * 9.8} = 3.85 \text{ m. c. a.}$$

Las pérdidas son de 3.85 m.c.a. lo que equivale a 0.38 bar. Por lo tanto en el punto más desfavorable de la instalación de agua caliente tendremos una presión de 6.27 bar.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**ELECCIÓN DE ELEMENTOS**

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-30-3.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 41

### **3. ELECCIÓN DE ELEMENTOS**

#### **3.1. TUBERÍAS**

##### **3.1.1. TUBERÍAS DE POLIPROPILENO**

Las tuberías de polipropileno se han elegido para realizar la instalación de agua caliente y fría que discurre por la habilitación. Se ha realizado la elección de este material debido a sus propiedades frente a las de acero:

- Larga vida útil
- No se corroe
- Olor y sabor neutral
- Bacteriológicamente neutral
- Fácil y rápida instalación
- Alto grado de resistencia química
- Superficie interna lisa, lo que dificulta la formación de incrustaciones.

Las tuberías de la instalación de agua fría son del tipo PP-R (Polipropileno Random Copolimero), y están suministradas por la compañía Polysan/Wefatherm.

Por su parte las tuberías de agua caliente son del tipo PP-RCT, también suministradas por la compañía Polysan/Wefatherm. Éstas poseen un comportamiento mejorado frente a la temperatura.

Ambos tipos de tuberías están certificadas por Lloyd's Register para su utilización en instalaciones sanitarias marinas.

##### **3.1.2. TUBERÍAS DE ACERO**

Las tuberías de acero se utilizarán en toda la instalación salvo en los circuitos que discurren por la habilitación.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-30-3.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 42

Se trata de tuberías de acero al carbono galvanizado por inmersión, por lo que el recubrimiento se aplica tanto a la superficie interna como a la externa. En todo caso el peso del zinc no será inferior a 0.55Kg/m<sup>2</sup>.

Las tuberías son del tipo A-53, según la norma ASTM, y son suministradas por el Grupo Almesa.

## **3.2. BOMBAS**

### **3.2.1. BOMBA EYECTORA**

Se disponen de dos bombas eyectoras, una para cada generador de agua dulce.

La bomba eyectora elegida es el modelo SVS125-2M, del fabricante Shinko Ind. Se trata de una bomba con una capacidad de caudal de 72 m<sup>3</sup>/h a 4.2bar. El motor eléctrico tiene una potencia de 18.5 kw a 1800 rpm.

### **3.2.2. BOMBA DE AGUA DE CAMISAS**

Se disponen de dos, una para alimentar al evaporador de estribor y la otra bomba que alimentara el de babor. Las bombas son del fabricante Shinko Ind., modelo SVA 125.

Tiene una capacidad de 75 m<sup>3</sup>/h trabaja a una presión de 4bar, y la caída de presión tras pasar por las placas es de 0.4bar. Se produce un intercambio térmico en las placas de unos 782600 kcal/h.

### **3.2.3. BOMBA DE AGUA DESTILADA**

Está fabricada por la compañía DongHwa Entec, se trata del modelo 40x3/4" MSSm.

Tienen una capacidad de 2.5 m<sup>3</sup>/h, a una presión de 3bar. El motor tiene una potencia de 1.5kW a 3500 rpm.

### **3.2.4. BOMBA DE AGUA CALIENTE**

Se tienen dos bombas de agua caliente de circulación dispuestas en paralelo.

Están fabricadas por la compañía Shinko Ind, modelo HJ40-2MH. Tienen una capacidad de 2 m<sup>3</sup>/h a una presión de 0.5bar. El motor eléctrico tiene una potencia de 0.4kw a 1700rpm.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-30-3.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 43

### 3.2.5. BOMBA DE AGUA FRÍA

Se disponen de dos bombas de agua situadas en el tanque hidrófobo. Estas bombas son las encargadas de abastecer de agua dulce a todo el circuito. Se trata del modelo SVQ50M del fabricante Shinko Ind., tienen una capacidad de 8 m<sup>3</sup>/h a una presión de 7 bar. El motor eléctrico por su parte posee una potencia de 7.5kw a 3530rpm.

## 3.3. ELEMENTOS

### 3.3.1. DESALINIZADOR

Se disponen de dos desalinizadores, uno a estribor y otro a babor.

El equipo desalinizador o generador de agua dulce es del fabricante Donghwa Entec, se trata del modelo DF 23/30, de placas y de simple etapa. Tienen una capacidad de producción de agua dulce cada uno de 30m<sup>3</sup> por día.



Figura 3. Desalinizador

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-30-3.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 44

### 3.3.2. SALINÓMETRO

El salinómetro elegido pertenece a la compañía DongHwa Entec, se trata del modelo JK-201. Es capaz de medir la salinidad entre un rango de 0 a 200 ppm con una precisión de un 2.5 %. La alarma está tarada para que se active si la salinidad llega a 10ppm.

### 3.3.3. SISTEMA DE DOSAGE DE QUÍMICAS

El sistema de dosage esta suministrado por la compañía UNITOR.

La química utilizada en este sistema es Vaptreat, se debe añadir 30ml de producto por cada tonelada de agua destilada producida. Para mejorar el dosage, la química se diluye en agua en el tanque de las químicas, que tiene una capacidad de 50 litros.

El suministro al flujo de agua se produce por vacío, es decir, que el tanque de químicas está conectado por una tubería con la parte de baja presión del evaporador. Para controlar el flujo entremedias se dispone de un caudalímetro, que permite suministrar un caudal de entre 2 y 259 ml/h.

### 3.3.4. TANQUE HIDRÓFOBO

El tanque hidrófobo almacena en su interior una pequeña cantidad de agua dulce destinada al sistema de agua sanitaria. Esta agua se mantiene a una presión de 7bar gracias a la presión de aire que se introduce a 8bar. El objetivo de tener esta cantidad de agua presurizada es evitar que las fluctuaciones de presión en el sistema afecten de forma negativa a las bombas de suministro.

El tanque hidrófobo elegido es el modelo DT-2000, construido por la compañía Samkun Century Co., Ltd. Tiene una capacidad de 2 m<sup>3</sup>.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-30-3.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 45



Figura 4. Tanque hidrófobo

### 3.3.5. CALENTADOR DE AGUA

El propósito del calentador de agua es el de suministrar agua caliente a los sistemas que lo requieran, como las duchas, los lavabos o la cocina.

El modelo instalado es el SE-1500SE, del fabricante Samkun Century, es del tipo vapor/eléctrico. Esto quiere decir que tiene dos métodos para calentar el agua, mediante un serpentín de vapor, o mediante unas resistencias eléctricas. Se utilizará el sistema que más convenga en cada momento o según el tipo de buque. Los calentadores eléctricos son dos, de una potencia cada uno de 20kw.

Tiene una capacidad de almacenamiento de 1.5 m<sup>3</sup> y puede mantener una temperatura de entre 10°C y 70°C.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-30-3.3	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 46



Figura 5. Calentador de agua.

### 3.3.6. ESTERILIZADOR

El esterilizador elegido utiliza lámparas de luz ultravioleta como germicida. Este es el método más sencillo y además posee una gran eficiencia. El flujo de agua se hace pasar por una cámara en cuyo interior se disponen de dos lámparas de luz ultravioleta de 39w cada una, estos rayos ultravioleta inoculan los gérmenes y destruyen las algas.

El utilizado está fabricado por la compañía Samkun Century, se trata del modelo JSA-5000, Ultra Violet. Tiene una capacidad de 5000 l/h.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-30-3.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 47



Figura 6. Esterilizador.

### 3.3.7. MINERALIZADOR

El agua generada en el evaporador no es apta para el consumo humano debido a su bajo valor de pH y a la ausencia de minerales. Gracias al mineralizador conseguimos un valor óptimo del pH y una mineralización del agua.

El mineralizador consiste un cilindro por el cual se hace pasar el agua, a la entrada el agua atraviesa un filtro de 40mm para retener las posibles partículas sólidas, a continuación pasa a través de las piedras de Dolomite que ajustan el pH y finalmente sale por un filtro de 0.5mm.

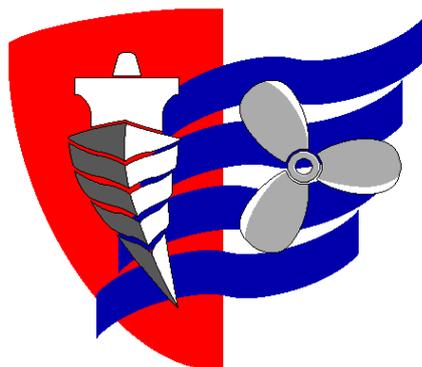
El mineralizador elegido pertenece al fabricante Samkun Century, se trata del modelo REH-5000, Dolomite. Tiene una capacidad de 5 m<sup>3</sup>.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-30-3.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02   PAG: 48



Figura 7. Mineralizador.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**PLANOS**

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-40
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 50

## **4. PLANOS**

**4.1. CIRCUITO DE AGUA DE CAMISAS**

**4.2. CIRCUITO DE AGUA SALADA**

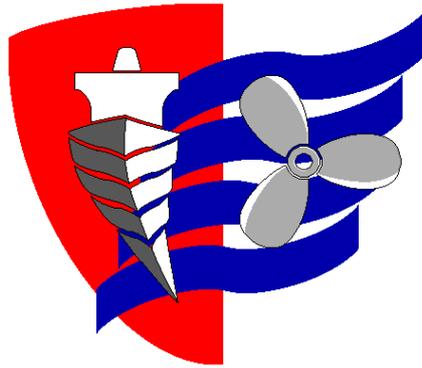
**4.3. CIRCUITO FWG – TANQUES**

**4.4. CIRCUITOS TANQUES – UNIDAD DE ABASTECIMIENTO SANITARIO**

**4.5. DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE**

**4.6. DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**PRESUPUESTO**

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-50-5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 52

## 5. PRESUPUESTO

### 5.1. PRESUPUESTO DESGLOSADO EN PARTIDAS

#### 5.1.1. TUBERÍAS DE ACERO AL CARBONO

Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Precio unidad(€/m)	Longitud (m)	Precio (€)
125	5,4	93,85	107	10041,95
50	4,5	22,67	54	1224,18
40	4	12,27	25	306,75
25	4	10,18	25	254,5
			Precio total:	11827,38

#### 5.1.2. TUBERÍAS DE POLIPROPILENO

Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Precio unidad (€/m)	Longitud (m)	Precio (€)
40	3,7	5,82	426	2479,32
40	5,5	7,36	500	3680
			Precio total:	6159,32

#### 5.1.3. ACCESORIOS DE POLIPROPILENO

Elemento	Diámetro (mm)	Precio unidad (€)	Cantidad	Precio (€)
TE	40	3,3	19	62,7
Curva	40	7,47	52	388,44
Bridas	40	27,29	89	2428,81
			Precio total:	2879,95

Las bridas utilizadas en las tuberías de polipropileno son de hierro dúctil con un recubrimiento por inyección y encapsulado, con una 30% de polipropileno reforzado.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-50-5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02   PAG: 53

Estas bridas se unen a las tuberías y accesorios por termo-fusión.

#### 5.1.4. ACCESORIOS METÁLICOS

Elemento	Diámetro (mm)	Precio unidad (€)	Cantidad	Precio (€)
Válvula de globo	125	784	6	4704
Válvula de globo	40	216	22	4752
Válvula anti-retorno	125	153,35	2	306,7
Válvula anti-retorno	40	48,72	22	1071,84
Válvula anti-retorno	25	40	1	40
Válvula de mariposa	125	241,39	8	1931,12
Válvula de mariposa	50	147,4	3	442,2
Válvula de mariposa	25	45,36	3	136,08
TE	50	8,86	1	8,86
TE	40	5,71	1	5,71
TE	25	2,94	1	2,94
Curva 90°	125	31,69	8	253,52
Curva 90°	40	2,26	1	2,26
Curva 90°	25	1,2	1	1,2
Reducción	125-100	23	1	23
Ensanchamiento	100-125	23	1	23
Ensanchamiento	40-25	5	1	5
Filtro metálico	50	359,27	1	359,27
Bridas	125	61,36	54	3313,44
Bridas	50	24,6	12	295,2
Bridas	40	19,4	10	194
Bridas	25	14,52	16	232,32
			Precio total:	18103,66

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-50-5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02   PAG: 54

### 5.1.5.EQUIPOS

Elemento	Precio unidad (€)	Cantidad	Precio (€)
Bomba eyectora	1200	2	2400
Bomba de agua de camisas	1200	2	2400
Bomba de agua destilada	240	2	480
Bomba de agua caliente	240	2	480
Bomba de agua fría	650	2	1300
Desalinizador	5000	2	10000
Salinómetro	500	2	1000
Dosage de químicas	500	2	1000
Tanque hidrófobo	2000	1	2000
Calentador de agua	3000	1	3000
Esterilizador	3000	1	3000
Mineralizador	2500	1	2500
		Precio total (€):	29560

### 5.1.6.TORNILLERÍA

Los tornillos utilizados están sometidos a un proceso de cincado.

Elemento	Medida	Precio unidad (€)	Cantidad	Precio (€)
Tornillos	M12	0,21	64	13,44
Tornillos	M16	0,49	88	43,12
Tornillos	M24	3,8	432	1641,6
Tuercas	M12	0,09	64	5,76
Tuercas	M16	0,15	88	13,2
Tuercas	M24	0,51	432	220,32
Arandelas	M12	0,05	64	3,2
Arandelas	M16	0,08	88	7,04
Arandelas	M24	0,19	432	82,08
Junta plana	DN25, DN40, DN50	4	38	152
Junta plana	DN125	7	54	378
			Precio total (€):	2559,76

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-50-5.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02   PAG: 55

### 5.1.7. CONSUMIBLES, MATERIAL DE SEGURIDAD Y MEDIOS PROVISIONALES

Elemento	Precio (€)
Norma UNE 27650:1976	6,83
Norma UNE-EN ISO 15748-1	49,99
Norma UNE-EN ISO 15748-2	53,91
Materiales consumibles	850
Material de seguridad	610
Medios de anclaje	315
Medios de elevación	300
Precio total (€):	2185,73

### 5.1.8. MANO DE OBRA

Elemento	Cantidad	Precio (€/h)	Horas	Precio (€)
Soldador	4	30	30	900
Montaje mecánico	5	25	45	1125
Montaje eléctrico	2	30	10	300
Jefe de obra	1	40	45	1800
			Precio total (€)	4125

## 5.2. BALANCE FINAL DEL PRESUPUESTO

Secciones a presupuestar:	Importe
Tuberías de acero al carbono	11827.38€
Tuberías de polipropileno	6159.32€

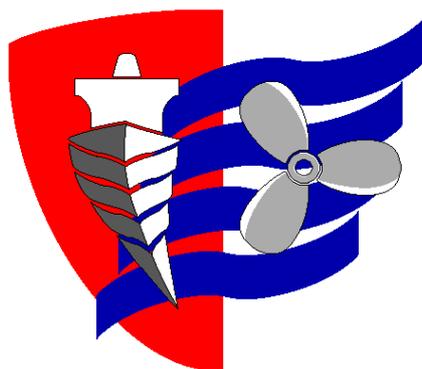
TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-50-5.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 56

Accesorios de polipropileno	2879.95€
Accesorios metálicos	18103.66€
Equipos	29560€
Tornillería	2559.76€
Consumibles, material de seguridad y medios provisionales	2185.73€
Mano de obra	4125€
<b>Presupuesto de Ejecución:</b>	<b>77400.8€</b>

Concepto:	Importe
(5 % PEM) Licencias y trámites	3870.04€
(10 % PEM) Imprevistos	7740.08€
(5% PEM) Honorarios del proyecto	2870.04€
<b>PRECIO TOTAL NETO</b>	<b>91880.96€</b>
(21 % PEM) IVA	19295.00€
<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>111175.96€</b>

Asciende el Presupuesto General para conocimiento del Cliente a CIENTO ONCEMIL CIENTO SETENTA Y CINCO con NOVENTA Y SEIS €.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**PLIEGO DE CONDICIONES**

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 58

## **6. PLIEGO DE CONDICIONES**

### **6.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

#### **6.1.1. CONDICIONES GENERALES**

El presente pliego de condiciones tiene por objeto definir al Astillero, el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que se debe de ajustar la ejecución de la instalación

El Astillero está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Jefe de Obra, controlará y organizará los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido frente a la propiedad.

El contratista estará obligado a eliminar adecuadamente y por su cuenta en un vertedero autorizado los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar.

Será por cuenta del contratista el suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos provisionales que sean necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos objeto de su oferta.

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas, en todo caso el contratista responderá ante la Dirección Facultativa de Obra y la Propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo del Astillero.

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 59

### 6.1.2.MATERIALES

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino

El Director de Obra de acuerdo con el Astillero dará su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Astillero.

Correrá por cuenta del contratista el control de Calidad de la obra de acuerdo a la legislación vigente.

Si en cualquier momento durante la ejecución de las obras o durante el periodo de garantía, la Dirección del Proyecto detectase que algún material o unidad de obra no cumple con los requisitos de calidad exigidos, podrá exigir al contratista su demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas tareas serán por cuenta del Contratista, quien no tendrá derecho a presentar reclamación alguna por este concepto.

### 6.1.3.EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El Astillero actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades que le correspondan y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que el Astillero considere oportuno llevar a cabo y que no estén reflejados en el presente, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, corriendo a cuenta propia del Astillero.

El Astillero estará obligado a notificar por escrito o personalmente de forma directa al Director de Obra la fecha de comienzo de los trabajos.

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la propiedad o en su defecto en las condiciones que se especifiquen en este pliego.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 60

Como mínimo deberán ser decepcionadas las obras dentro del plazo establecido para ello en la planificación de este pliego.

El contratista presentará un plan de trabajos detallado, ajustado al plazo pactado, que se desglosará en tareas y tiempos de ejecución, que deberá ser aprobado por la Propiedad, dicho plan se incorporará como anexo al contrato, formando parte integrante del mismo.

Si se observase un retraso en el cumplimiento del plan detallado aprobado por la propiedad, la DF podrá solicitar que se tomen las medidas oportunas para recuperar dicho retraso. El coste de estas medidas de recuperación será soportado por el Contratista.

Si ocurriera un evento que se considere de acuerdo a la normativa española como causa de fuerza mayor, el contratista deberá notificar a la Dirección Facultativa tal circunstancia en el plazo máximo de dos días hábiles desde que este ocurra, indicando la duración prevista del problema y su incidencia en los plazos de ejecución de la obras (no se considerará causas de fuerza mayor los días de lluvia, agua, hielos, nevadas y fenómenos atmosféricos de naturaleza semejante).

El incumplimiento de los plazos parcial o total de la terminación de las obras dará derecho a la Propiedad a aplicar las penalizaciones establecidas.

El Astillero tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en el mismo no figuren explícitamente mencionadas dichas complementarias, todo ello son variación del importe contratado.

El Astillero está obligado a realizar las obras que se encarguen resultantes de las posibles modificaciones del proyecto, tanto en aumento como en disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no altere en más de un 25% del valor contratado.

El Astillero no podrá, en ninguna circunstancia, hacer alteración alguna de las partes del proyecto sin autorización expresa del Director de Obra. Tendrá obligación de

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.1	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 61

deshacer toda clase de obra que no se ajuste a las condiciones expresadas en este documento.

Serán por cuenta del Astillero todos los medios y maquinarias auxiliares que sean necesarias para la ejecución de la Obra. Todos los medios auxiliares quedarán en propiedad del Astillero una vez finalizada la obra, pero no tendrá derecho a reclamación alguna por desperfectos a que en su caso haya dado lugar.

#### 6.1.4. RESPONSABILIDADES

El Astillero elegido será el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la desinstalación de las partes mal ejecutadas y a su reinstalación correcta, sin que sirva de excusa que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras.

El Astillero es el único responsable de todas las contravenciones que se cometan (incluyendo su personal) durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados, se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

El Astillero es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### 6.1.5. CONTRATO

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.1
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 62

los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Astillero como el propietario deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

Quiebra del Astillero

Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25% del mismo.

Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.

Suspensión de las obras ya iniciadas.

Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.

Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.

Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.

Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

## **6.2. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS**

### **6.2.1. ABONO DE LAS OBRAS**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 63

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

### 6.2.2.PRECIOS

El Astillero presentará, al formalizarse el contrato, la relación de los precios de las unidades de obra que integren el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales, así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto se fijará su precio entre el Director de Obra y el Astillero, antes de iniciar la obra, y se presentará al propietario para su aceptación o no.

Si por cualquier circunstancia se hiciese necesaria la determinación de algún precio contradictorio, el Director de Obra lo formulará basándose en los que han servido para la formación del presupuesto de este proyecto, quedando el Astillero obligado, en todo caso aceptarlos.

### 6.2.3.PENALIZACIONES

Por retrasos en los plazos de entrega de las obra, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

Estas cuantías podrán, bien ser cobradas a la finalización de las obras, bien ser descontadas de la liquidación final.

Siempre que se rescinda el contrato por las causas anteriormente expuestas, o bien por el acuerdo de ambas partes, se abonarán al Astillero las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.2	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 64

#### 6.2.4. FIANZA

En el contrato se establecerá la fianza que el Astillero deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Astillero se negase a realizar por su cuenta los trabajos por ultimar la obra en las condiciones contratadas o atender la garantía, la propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Astillero en un plazo no superior a treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

#### 6.2.5. DEMORAS

Al encargarse el trabajo, se fijará por ambas partes, el programa con la fecha de inicio y de terminación. El Astillero pondrá los medios necesarios para ello, que deberán ser aceptados por la propiedad.

En el caso de que el Astillero incurra en demoras no excusables, le serán aplicadas las siguientes sanciones:

Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.

Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.2
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 65

Por incumplimiento en la limpieza y orden de las instalaciones: 300€ la primera vez, aumentando en otros 300€ las sucesivas hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por la propiedad las condiciones de limpieza y orden, cargando el coste al Astillero.

#### 6.2.6. RESPONSABILIDAD POR DAÑOS

La propiedad tiene concertada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros, en el que figura el Astillero como asegurado. Este seguro garantiza la responsabilidad civil de los daños causados accidentalmente a terceros con motivo de las obras.

En dicha póliza queda garantizada la responsabilidad civil que pueda serle exigida al Astillero por daños físicos y materiales causados a terceros por los empleados del mismo.

### 6.3. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

#### 6.3.1. NORMAS A SEGUIR

Las obras a realizar estarán de acuerdo y se guiarán por las siguientes normas además de lo descrito en este pliego de condiciones:

Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre.

Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.

Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada pro Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.

Normas UNE.

Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.3
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 66

Normas de la compañía suministradora de los materiales.

Lo indicado en este Pliego de Condiciones con preferencia a todos los códigos.

### 6.3.2. PERSONAL

El Astillero tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes al Director de Obra.

El Astillero tendrá en la obra, además del personal que requiera el Director de Obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Astillero, estará obligado a separar de la obra a aquel personal que a juicio del Director no cumpla con sus obligaciones o realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obras de mala fe.

### 6.3.3. RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS PREVIOS

Cuando lo estime oportuno el Director de Obra, podrá encargar y ordenar análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en fábrica de origen, laboratorios oportunos o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no estén indicados en el pliego.

En el caso de discrepancia, los ensayos o pruebas se efectuarán en el laboratorio que el Director de Obra designe.

Los gastos ocasionados por estas pruebas y comprobaciones, serán por cuenta del Astillero.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 67

## **6.4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **6.4.1. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS**

Caídas al mismo nivel:

Las caídas al mismo nivel pueden estar provocadas por objetos abandonados en los pisos, por moquetas sueltas, pavimento con desniveles, por agua, aceite, grasas o detergentes.

Por lo tanto, todas las herramientas, piezas y restos de objetos se almacenarán en lugares destinados para ello y no se dejarán nunca en la zona de paso de otros trabajadores o terceras personas.

Se utilizará calzado de seguridad con suelas antideslizantes, y punteras y plantillas de acero.

Caídas a distinto nivel:

Suelen ocurrir en escaleras de peldaños, escalas fijas de servicio, escalas de mano, altillos, plataformas, pasarelas, fosos, muelles de carga, estructuras y andamios, zanjas, aberturas en piso, huecos de montacargas, etc.

Es obligatorio utilizar el arnés de seguridad adecuado para todo trabajo en altura, efectuado desde lugares que no dispongan de protección colectiva.

Se dispondrán líneas de vida sujetas a puntos fijos, sólidos y resistentes a los que atar los mosquetones de los cinturones de seguridad durante todos los trabajos a realizar en las condiciones descritas anteriormente.

Será balizado el perímetro de bordes de desniveles que no estén protegidos (por no superar la profundidad de 2 metros).

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.4	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 68

Caídas de objetos y materiales:

No se colocarán materiales, herramientas, etc., en la proximidad de máquinas o aparatos que por su situación, puedan ser atrapados por los mismos y/o que puedan caer desde altura a cotas inferiores.

Los trabajadores no pasarán ni permanecerán bajo otros operarios trabajando, ni bajo cargas suspendidas.

Las cargas suspendidas serán guiadas con cuerdas hasta el lugar de recibido.

Está completamente prohibido pasar cargas suspendidas sobre los trabajadores, así como balancear las cargas.

Golpes y/o cortes por objetos o herramientas:

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo, y en especial las salidas y vías previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de forma que esa sea posible utilizarlas sin dificultad en todo momento.

Los manuales de instrucciones de todas las máquinas y portátiles se encontrarán a disposición de los trabajadores que las manejen.

Todas las herramientas que se utilicen estarán en perfecto estado de uso y conservación. Además no se anularán los dispositivos de seguridad de las máquinas herramientas (radiales, taladros, sierras, etc.).

Se utilizarán guantes contra agresiones mecánicas para cualquier operación de corte y para el manejo de piezas con aristas cortantes.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 69

Atrapamientos en operaciones de carga:

Para el tránsito por las instalaciones se presentará la máxima atención al movimiento de las máquinas utilizando los pasillos y zonas de paso lo suficientemente alejados de las mismas ya que, aunque estén paradas, podrían ponerse en movimiento de forma inesperada.

Durante las operaciones de manipulación mecánica de cargas sólo permanecerán en la zona los trabajadores imprescindibles para recibir el material.

La zona de recepción de materiales y/o piezas pesadas estará señalizada en su perímetro para medir que personas ajenas a la citada operación atraviesen la zona de izado.

Atropellos por maquinas en movimiento:

Comprende los atropellos de personas por vehículos, así como los accidentes de vehículos en los que el trabajador lesionado va sobre el mismo. En este apartado no se contemplan los accidentes “in itinere”

Estos vehículos deberán manejarse por personal cualificado, además deberán de señalizar su presencia mediante rotativos luminosos o avisos sonoros.

Contactos térmicos:

Accidentes debidos a las temperaturas extremas que tienen los objetos que entran en contacto con cualquier parte del cuerpo, incluyéndose líquidos y sólidos. Estas temperaturas extremas pueden ser tanto calientes como frías.

Deberán seguirse escrupulosamente las instrucciones proporcionadas por el fabricante del equipo de soldadura de, teniendo especialmente en cuenta las señales de advertencia relativas a las partes calientes de la máquina.

En el caso de manipulación de elementos de temperaturas extremas frías, deberán de tomarse las medidas necesarias en cuanto a los equipos de protección individual.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 70

#### Contactos eléctricos:

Toda instalación provisional y equipos eléctricos cumplirán la normativa vigente. En todo caso se evitará que los cables estén en el suelo o en zonas húmedas y en general donde puedan ser dañados.

Siempre se utilizarán conductores y enchufes de intemperie. Las clavijas permanecerán elevadas del suelo, especialmente en zonas húmedas o mojadas. Se evitará el abuso de ladrones.

A la hora de conectar un equipo a la red eléctrica cerciorarse de que es a la toma adecuada a la tensión que necesita el equipo.

Los conductores eléctricos no se situarán en zonas por las que circules o puedan circular vehículos. Si resulta imprescindible que atraviesen dichas zonas, estarán protegidos.

#### Incendio y/o explosión:

Se dispondrá de un extintor de incendios de eficacia (polvo polivalente) y carga apropiada en función de los materiales combustibles en la obra.

Se avisará a los bomberos de cualquier anomalía que pueda ser origen de un incendio o una explosión.

#### Ruido:

Se utilizarán cascos o tapones anti-ruido en los trabajos de más de 90dB, como por ejemplo, la utilización de radiales.

#### Sobreesfuerzos:

No se transportarán manualmente cargas superiores a 25 kg por parte de un solo trabajador. Durante la manipulación manual de cargas se adoptarán posturas correctas, manteniendo siempre la espalda recta.

#### Agentes químicos:

En el caso de utilización de agentes químicos, se dispondrá de las fichas de datos de seguridad de los productos químicos a utilizar, las cuales permanecerán a disposición de los trabajadores que manipulen dichos productos.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.4
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015
	REV: 02      PAG: 71

Los envases de los productos químicos estarán correctamente etiquetados.

Los trabajadores utilizarán los equipos de protección personal indicados en dichas etiquetas y/o fichas de datos de seguridad.

#### 6.4.2. MEDIOS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA E INDIVIDUAL

Casco de seguridad que se requiera según la norma UNE-EN 397 sobre cascos de protección.

Botas de seguridad que se requieran según la norma de seguridad NTP 813.

Equipos y arneses anticaídas adecuados según la norma UNE-EN 354; mosquetón ovalado asimétrico, según especificaciones UNE-EN 362. Norma UNE-EN 361 especificaciones sobre EPI's contra caídas. Arnese: arnés anticaída con punto de enganche en zona dorsal, hombreras y perneras regulables.

Gafas anti-impactos de la categoría requerida según norma CE-EN 166; resistente a impactos de partículas a alta velocidad y baja energía; anti-vaho.

Orejas adaptables al casco de seguridad o tapones según normas UNE-EN 352-2 y UNE-EN 358.

Guantes de seguridad necesarios con características para cada labor según normas UNE EN 420:2004+A1.

#### 6.4.3. FORMACIÓN E INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES

Todo el personal participante en estos trabajos habrá de conocer los riesgos contenidos en este Estudio Básico de Seguridad y Salud, así como las medidas preventivas que han de tomarse. Para ello, serán formados e informados previamente al inicio de la obra.

Los trabajadores deben ser instruidos y ser conocedores de cómo actuar en caso de emergencia.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: 001-60-6.4	
INGENIERÍA MARINA	FECHA: 17/06/2015	
	REV: 02	PAG: 72

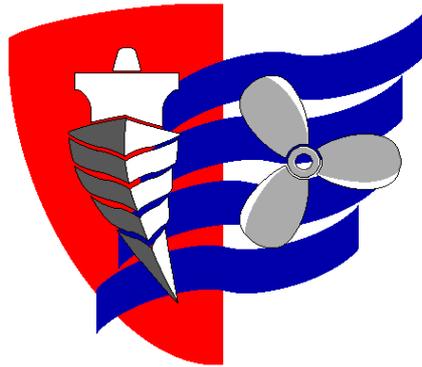
Si se produce un accidente se actuará con serenidad, socorriendo primero a los heridos que presenten asfixia o hemorragia intensa y siguiendo las siguientes pautas:

Se avisará inmediatamente a la ambulancia – Servicios Médicos y/o a las Bomberos, o a Vigilancia según sea la necesidad por la naturaleza del accidente o emergencia, indicándose de manera clara y precisa el lugar al que deben acudir, el número de heridos y la causa de la lesión. Las personas implicadas se situarán, y harán lo mismo que sus compañeros si están heridos, en un lugar seguro. Se actuará siempre de forma que no cunda el pánico y a ser posible se despejará la zona donde ocurra la emergencia.

Se saldrá al encuentro de los servicios que se avisen para informarles dónde deben actuar y para indicarles las particularidades de la obra o de la instalación, tales como si hay gas o humos, si hay cables eléctricos con tensión, si hay fosos o huecos en el suelo o al vacío o cualquier otro peligro inesperado.

En caso de accidente o incidente se avisará inmediatamente a los técnicos de seguridad y a los gestores del contrato.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**ANEXOS**

## **7. ANEXOS**

### **7.1. DIAGRAMA DE MOODY**

### **7.2. TABLAS DE PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS**

**ANEXO I**  
**DIAGRAMA DE MOODY**

**Diagrama de Moody**

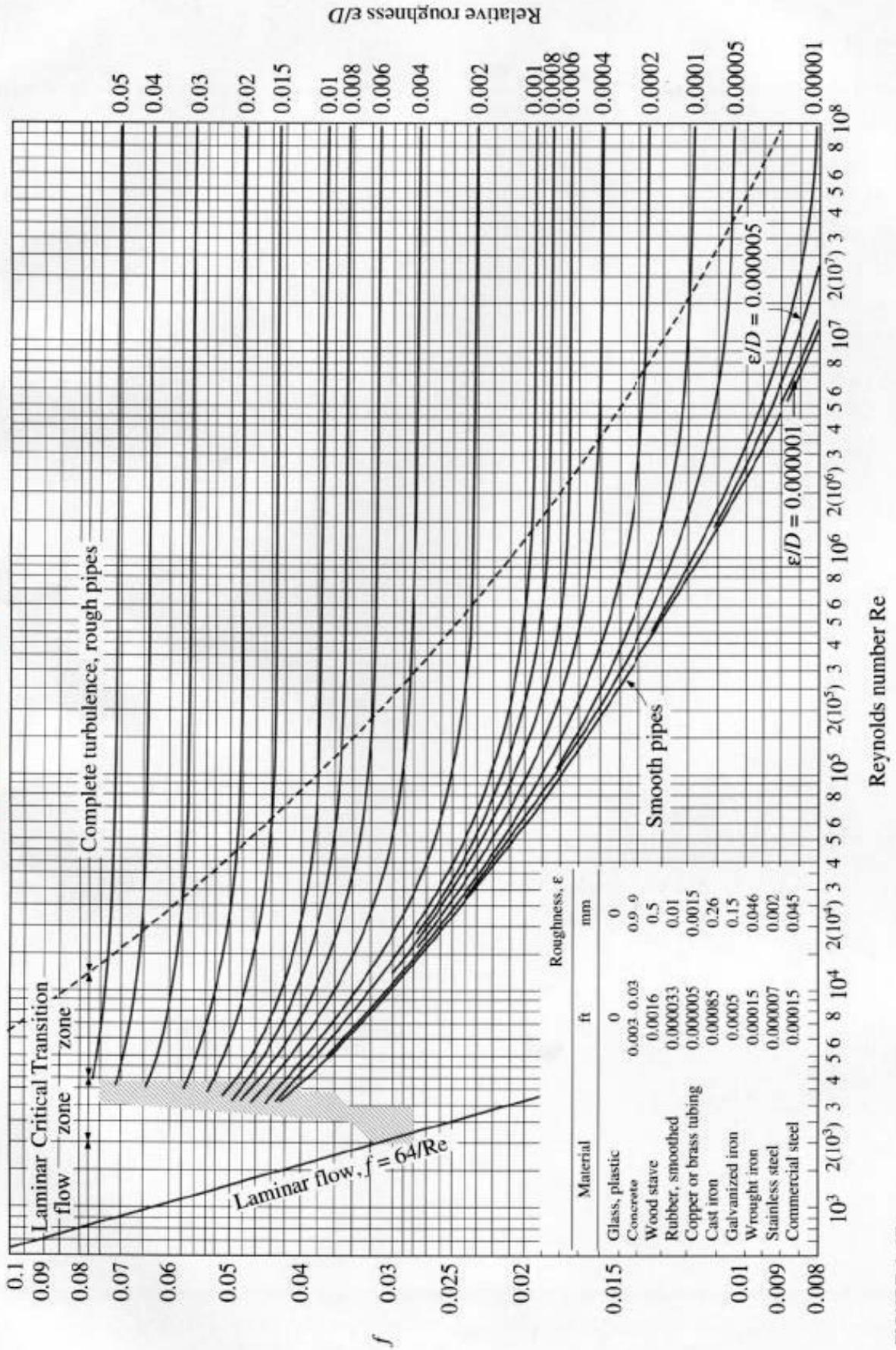


Figura 8. Diagrama de Moody

**ANEXO II**

**TABLAS DE PÉRDIDAS DE CARGA EN**

**ACCESORIOS**

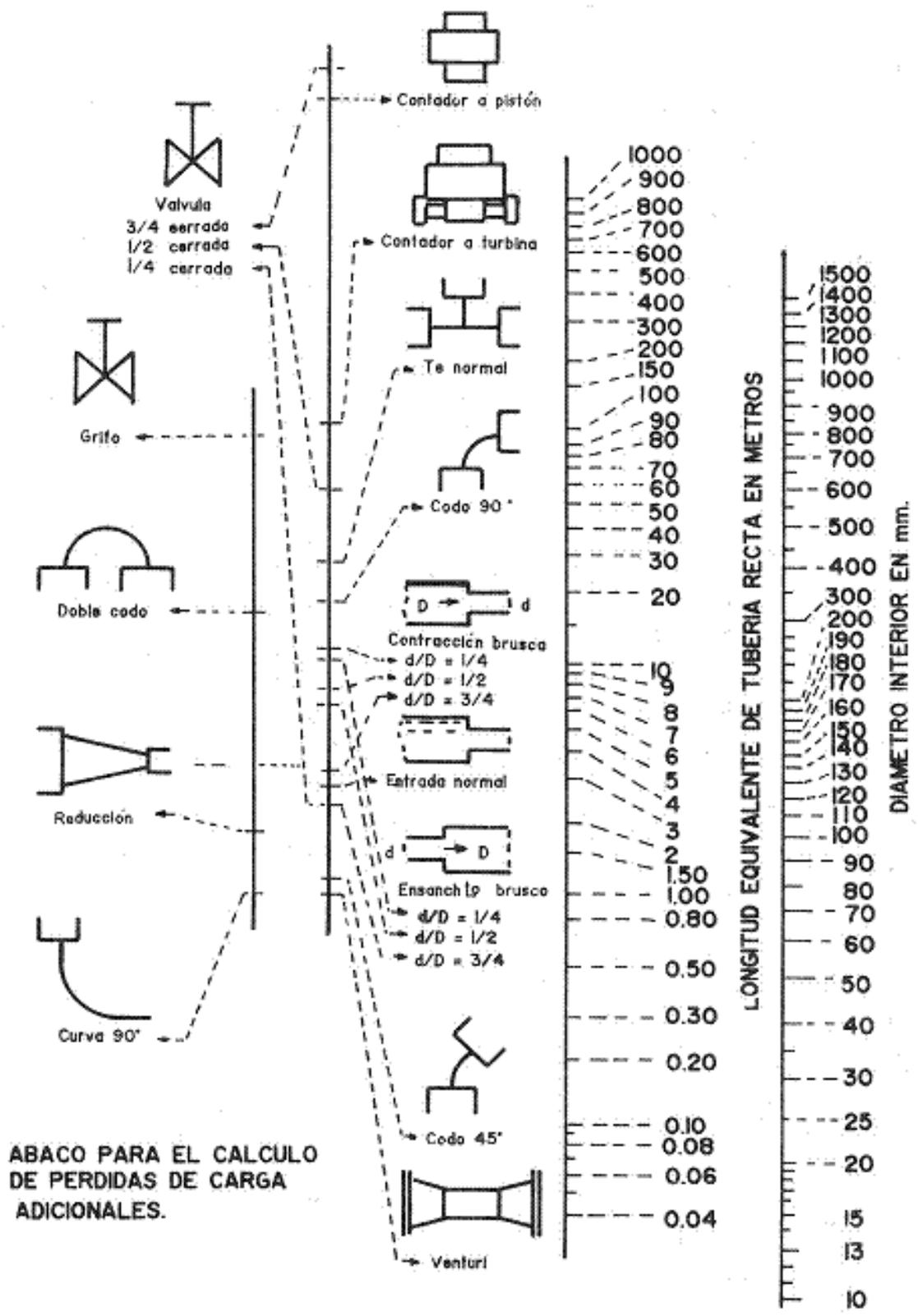


Figura 9. Pérdidas de carga

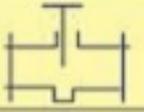
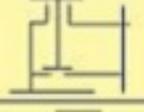
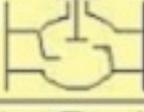
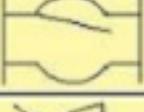
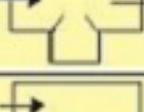
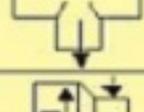
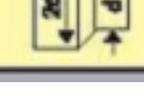
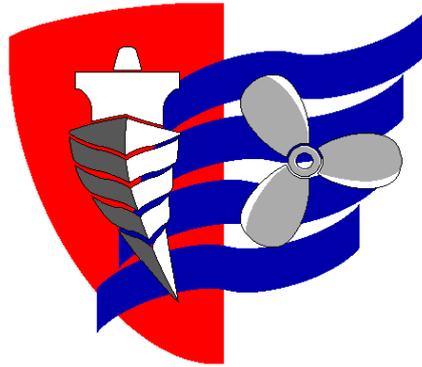
Longitud equivalente de tubería en metros												
Componentes		Diámetro interior de tubería en mm (d)										
		25	40	50	80	100	125	200	250	300	400	
Válvula de bola abierta 100%		0.3 5	0.5 8	0.6 10	1.0 16	1.3 20	1.8 25	1.9 30	2.6 40	3.2 50	3.9 60	5.2 80
Válv. diafragma abierta 100%		1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válv. angular abierta 100%		4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo		7.5	12	15	24	30	36	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta		2.0	3.2	4.0	6.4	8.0	10	12	16	20	24	32
Codo R=2d		0.3	0.5	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo R=d		0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90°		1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T, salida en línea		0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T, salida angular		1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reductor		0.5	0.7	1.0	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.8

Figura 10. Pérdidas de carga

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**BIBLIOGRAFÍA**

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### 8.1. LIBROS

- Grau Castelló, V. (1995). "*Maquinas Marinas*". Escuela Técnica Naval de Ingenieros Navales.
- Group of Authorities. (1992). "*Marine Engineering*". The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Osbourne, A. (1965). "*Modern Marine Engineer's Manual*". Cornell Maritime Press, INC.
- Reza Garcia, C. (1990). "*Flujo de fluidos*". McGraw-Hill.
- Martín Hernández, B. (1994). "*Manual de Tuberías*". Bernardo Martín Hernández, D.L.

### 8.2. PÁGINAS WEB

- La Guía  
<http://fisica.laguia2000.com/complementos-matematicos/diagrama-de-moody>  
[Consultado: marzo 2015]
- Grupo Almesa  
<http://www.almesa.com/>  
[Consultado: marzo 2015]
- Grupo Voss  
<http://www2.voss.de/sp/php/principal/index.php>  
[Consultado: marzo 2015]
- Grupo Genebre  
<http://www.genebre.es/wps/portal/es>  
[Consultado: marzo 2015]

- POLYSAN S.A.  
<http://polysan.es/>  
[Consultado: marzo 2015]
- SHINKO IND. LTD.  
<http://www.shinkohir.co.jp/en/>  
[Consultado: marzo 2015]
- DongHwa Entec  
<http://www.dh.co.kr/English/>  
[Consultado: marzo 2015]
- Samkun Century  
[http://www.samkunok.com/index\\_e2.php](http://www.samkunok.com/index_e2.php)  
[Consultado: marzo 2015]

### **8.3. NORMATIVA**

- UNE-EN ISO 15748-1: 2002. Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas. Planificación y diseño.
- UNE-EN ISO 15748-2: 2002. Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas. Método de cálculo.
- UNE 27650: 1976. Tubos de acero para construcción naval.

## **ANEXO II: Aviso responsabilidad UC**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”

