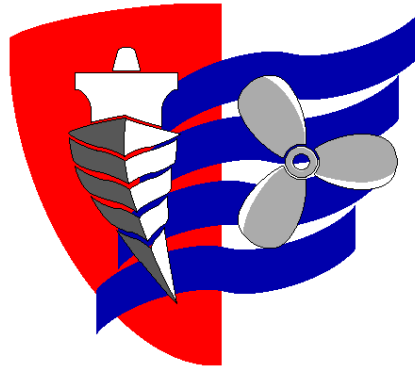


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Carrera

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA
UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUA DE
LASTRE EN UN BUQUE**

*(Design of a ballast water treatment unit for
a ship)*

Para acceder al Título de

**INGENIERO TÉCNICO NAVAL.
ESPECIALIDAD EN PROPULSIÓN
Y SERVICIOS DEL BUQUE**

Alonso García Calvo
Junio-2015

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias en primer lugar a mi tutor que me ha guiado en la ejecución de este proyecto, y a todo aquel que me ha ayudado a obtener las habilidades y los conocimientos necesarios para realizarlo.

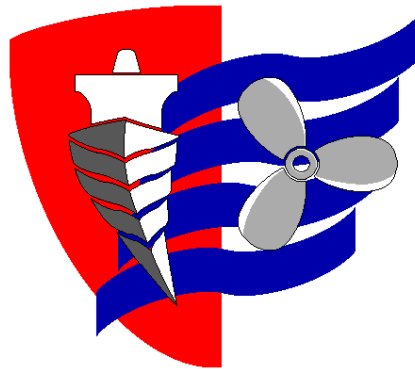
Igualmente doy las gracias a todos los que me acompañan en el camino y me ayudan a llevar a cabo este y todos mis Proyectos: A mi familia, mi padre y mi hermana, por su apoyo constante en todos los ámbitos. A mis amigos, el Club y DM, que también son mi familia. A Nagore, que no sólo me acompaña, si no que le da sentido al camino.

Muy especialmente a mi madre, que me dio todo y de quien aprendí cómo quiero ser.

ÍNDICE

MEMORIA TÉCNICA	4
1.1 – Introducción	7
1.2 - Análisis del problema.....	8
1.3 - Legislación.....	26
1.4 – Selección del sistema de tratamiento	37
1.5 - Descripción del sistema de lastre inicial	44
1.6 – Diseño de la nueva instalación	46
CÁLCULOS.....	54
2.1 - Pérdidas por fricción y pérdidas menores.....	55
2.2 - Altura de la bomba necesaria durante el lastrado.....	67
2.3 - Altura de la bomba necesaria durante el deslastrado	69
2.4 – Dimensionamiento de la bomba.....	71
PLIEGO DE CONDICIONES	73
3.1 Requerimientos generales:	74
3.2 Requerimientos específicos:	75
PLANOS.....	87
PRESUPUESTO	88
ANEXOS.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CUADERNO 1
MEMORIA TÉCNICA

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 5

Título

Diseño e instalación de una unidad de tratamiento de agua de lastre en un buque.

Destinatario

El destinatario del presente Proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Proyecto Fin de Carrera al objeto de obtener el título de Ingeniero Técnico Naval especialidad Propulsión y Servicios del Buque.

Objeto del proyecto

En este trabajo se realizará el estudio de la problemática medio ambiental provocada por el agua de lastre transportada por buques mercantes, que ha dado lugar al Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos denominado internacionalmente en su forma abreviada BWM-2004. Además se proyectará la instalación del sistema de tratamiento PureBallast de Alfa Laval en un buque quimiquero a fin de adecuarle a los requerimientos del convenio.

Sistema de codificación del proyecto

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

El código de documentos queda definido por la siguiente estructura:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 6

Tabla 1. Estructura de la codificación del proyecto.

TIPO DE DOCUMENTO	Nº PROCESO	Nº SUBPROCESO	ORIGEN DOCUMENTO
LL	NN	X	Z

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

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
LL	Identifica el tipo de documento según tabla 3
NN	Identifica el proceso al que pertenece el documento según tabla 4
X.Y	Identifica el subproceso dentro de cada proceso según tabla 6
Z	Indica la procedencia del documento; P: propio; M: modificado; E: externo. Solo se utilizará para el apartado de planos.

Tabla 3. Tipo de documento.

CÓDIGO	TIPO DE DOCUMENTO
ME	Memoria
CA	Cálculos
PL	Planos
PC	Pliego de condiciones
PR	Presupuesto
AX	Anexos
BI	Bibliografía

Tabla 4. Lista de procesos y subprocesos.

CÓDIGO	TIPO DE DOCUMENTO
10	Memoria Técnica 1.1. Introducción 1.2. Análisis del problema 1.3. Legislación 1.4. Selección del sistema de tratamiento 1.5. Descripción del sistema de lastre inicial 1.6. Diseño de la nueva instalación
20	Cálculos 2.1. Pérdidas de carga por fricción y pérdidas menores 2.2. Altura de la bomba necesaria en la línea de lastrado

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 7

	2.3. Altura de la bomba necesaria en la línea de deslastrado 2.4. Dimensionamiento de la bomba
30	Pliego de condiciones 3.1. Requerimientos generales 3.2. Requerimientos específicos
40	Planos
50	Presupuesto
60	Anexos
70	Bibliografía

1.1 - Introducción

En esta memoria comienzo realizando una exposición general sobre la problemática medioambiental ocasionada por la introducción en un ecosistema de grandes volúmenes de agua de mar procedente de otra zona geográfica, así como de los organismos que contiene, a través de las operaciones rutinarias de lastrado y deslastrado realizadas en los buques transoceánicos.

A continuación paso a realizar una descripción de los medios que existen para el control y eliminación de dichos organismos invasivos de acuerdo con la normativa vigente según el “Convenio Internacional para el Control y Gestión de Aguas de Lastre y Sedimentos” (BWM-2004) aprobado por la OMI en julio de 2004, como respuesta al problema medioambiental anteriormente expuesto.

Posteriormente procederé a una descripción del sistema seleccionado para el tratamiento de agua de lastre, *PureBallast* de la empresa *Alfa Laval*, así como de los requerimientos que de acuerdo al Convenio BWM-2004 debe cumplir, que se pueden resumir en:

- La eliminación de los organismos y microorganismos presentes en el agua por debajo de unos niveles máximos definidos en el Convenio.
- La ausencia de riesgos añadidos al buque, su tripulación y su equipo.
- La aprobación del sistema por la Organización Marítima Internacional (OMI) y por la Administración del Estado de Bandera.

Una vez definido el marco de actuación, paso a exponer el objetivo del proyecto, consistente en adecuar un buque químico existente, construido

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 8

en el 2003, con una eslora total de 144,05 m, una manga de 23 m, un desplazamiento de 18.736 toneladas y un volumen de lastre de 8043,6 m³, mediante la instalación a bordo de la planta de tratamiento antes mencionada.

Para ello, comienzo realizando una descripción de las características principales del buque objeto del proyecto, analizando el circuito de lastre presente en el buque antes y después de la modificación a la que le voy a someter instalando el citado sistema de tratamiento.

Seguidamente, realizo un cálculo de la pérdida de carga tras la instalación del sistema, así como a la potencia necesaria de las bombas de lastre para determinar si es necesario el cambio de las mismas o no, y paso a realizar el cálculo y elección de las tuberías del sistema y de la valvulería.

1.2 - Análisis del problema

1.2.1 - Descripción

En el Convenio BWM 2004 de la OMI se definen como "Organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos" los organismos cuya introducción en el mar (incluidos los estuarios) o en cursos de agua dulce pueda ocasionar riesgos para el medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos, deteriorar la diversidad biológica o entorpecer otros usos legítimos de tales zonas.

Según la definición de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), son "especies introducidas o exóticas" aquellas especies que han sido trasladadas, intencionalmente o no, por la actividad humana, hacia

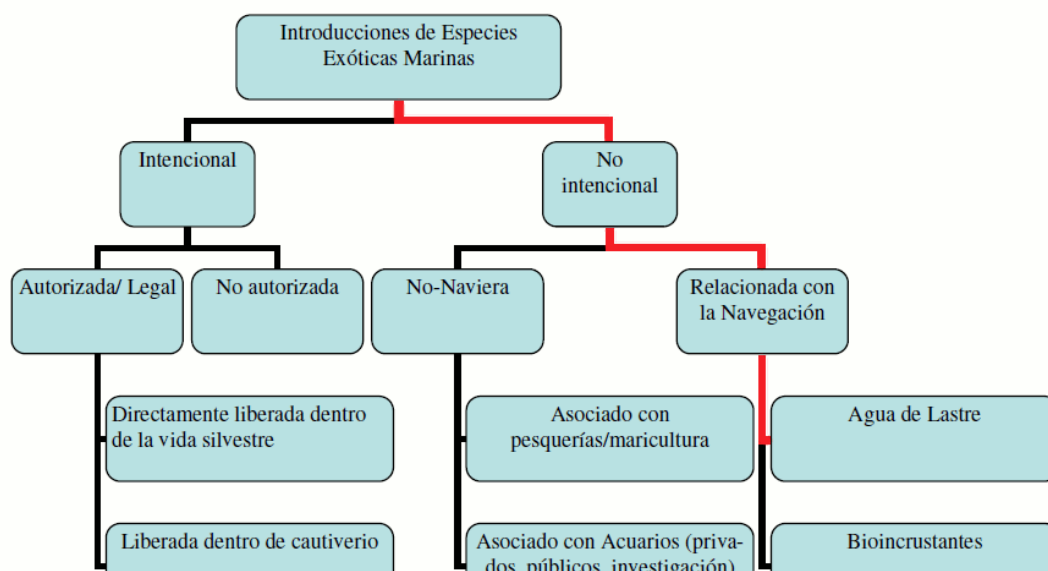


Figura 1 - Tipos de introducciones de especies exóticas (Fuente: "El Manejo de especies invasoras en ambientes marinos y costeros", ISSG)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 9

zonas en las que no habitan naturalmente. Mientras que muchas de estas especies no se adaptan a su nuevo entorno y perecen, otras son capaces de establecerse y prosperar, apoderándose de la biodiversidad nativa y afectando a los medios de vida de las personas. Cuando una especie se establece en un nuevo entorno, es poco probable que sea sometida a los controles naturales que mantenían el equilibrio de sus poblaciones dentro de sus áreas de distribución natural, por lo que sin ese control por parte de los depredadores, parásitos o enfermedades, estas especies tienden a aumentar rápidamente, hasta el punto en que pueden apoderarse de su nuevo entorno, desplazando a las especies nativas. Las especies marinas invasoras han tenido enormes repercusiones en la biodiversidad, los ecosistemas, la pesca y la maricultura (la cría y cultivo de organismos marinos para el consumo humano), la salud humana, el desarrollo industrial y la infraestructura. (De Poorter, 2009)

Como podemos ver en la Figura 1, una de las principales causas de que estos microorganismos acuáticos puedan trasladarse de un entorno a otro fácilmente y en cantidades tales que pueden convertirse en una amenaza no es otra que el gran tráfico marítimo de las últimas décadas, y específicamente sus operaciones de lastrado y deslastro. Esto es debido a que casi todas las especies marinas, incluyendo a algunos peces, tienen una etapa planctónica en la cual flotan libremente, siendo fácilmente transportadas en el agua de lastre.

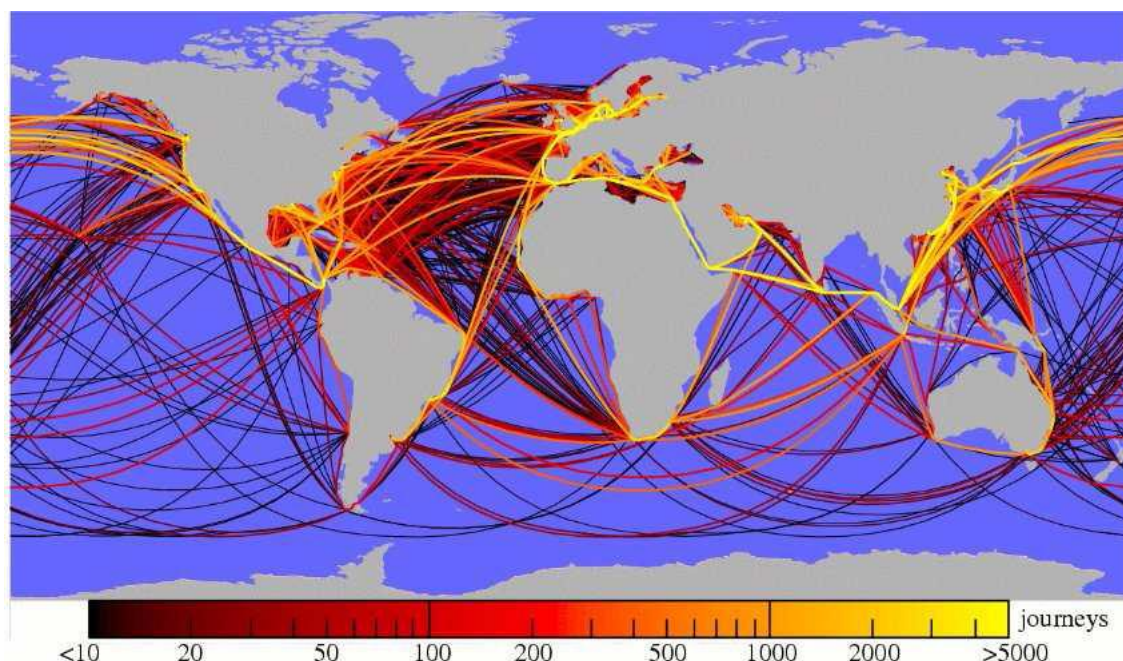


Figura 2 - Rutas marítimas más utilizadas (Fuente: Westfalia)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 10

Durante miles de años, las especies acuáticas se han extendido a través de los océanos por medios naturales, tales como las corrientes y vientos superficiales de los océanos, las condiciones climáticas, o adheridos a elementos flotantes. Las barreras naturales tales como la temperatura, los depredadores, la salinidad y las masas terrestres, han ayudado a mantener un equilibrio biológico dentro de ciertas áreas, lo que ha resultado en los patrones naturales de biogeografía que se observan en los océanos en la actualidad.

Por ejemplo, la zona de los trópicos ha separado las zonas de agua templada y fría de los hemisferios norte y sur de la tierra. Como resultado nos encontramos con zonas de muy diferente biodiversidad en ambos hemisferios, mientras que en toda la franja tropical aparece una biodiversidad relativamente homogénea, por ejemplo desde la costa este de África hasta la costa oeste de Sudamérica. (Hilliard R. 2005).

La actividad humana ha intervenido en el proceso de dispersión de especies durante toda la historia de la navegación marítima, principalmente a través de la dispersión de especies adheridas al casco de los buques.

La razón por la que se usa el lastre no es otra que la de mejorar la estabilidad de las embarcaciones. Sin el peso de la carga, el centro de gravedad de un buque puede quedar por encima de la línea de flotación y hacer que escore. Los primeros materiales usados como lastre fueron piedras, arena y otros objetos pesados, hasta que en el siglo XIX empezó a utilizarse el agua del mar.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 11

CICLO DE LAS AGUAS DE LASTRE

① En el puerto de salida



② Durante el viaje



③ En el puerto de destino



④ Durante el viaje



Figura 3 - Ciclo de las aguas de lastre (Fuente: Globallast)

El comienzo del uso del agua como lastre, así como el desarrollo de buques más grandes y rápidos, que completan viajes de largas distancias en menos tiempo, combinado con el rápido desarrollo del comercio mundial y el consiguiente aumento del tráfico marítimo, ha reducido la efectividad de las barreras naturales a la dispersión de las especies.

En particular, los buques proporcionan una vía para que las especies de aguas templadas y frías salven la barrera que constituyen para ellas las zonas tropicales. De este modo algunas de las invasiones más dañinas de ecosistemas han sido efectuadas por especies de aguas templadas del norte que han logrado introducirse en zonas templadas del sur, y viceversa.

El programa de la OMI GloBallast estima que el 80% de los transportes de mercancías anuales se realizan por mar, moviendo de 3 a 5 billones de toneladas de agua de lastre internacionalmente cada año. Un volumen similar se transfiere de forma doméstica dentro de cada país y región. A su vez la UICN estima que 7.000 especies de bacterias, plantas y organismos son cargadas cada día en el agua del lastre de buques alrededor del mundo.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 12

1.2.2 - Especies invasoras y sus efectos

Como se ha expuesto anteriormente, las especies marinas invasoras se definen como aquellas que se han establecido en un ecosistema diferente del de procedencia y debido a su gran potencial de propagación se han expandido sin control, provocando una seria amenaza para ecosistemas, hábitats y otras especies, cuyas consecuencias pueden provocar daños económicos, ambientales o a la salud humana.

Los principales efectos perjudiciales de estas invasiones son:

- Impacto ambiental sobre los ecosistemas y la biodiversidad propios del lugar.
- Impacto económico en la pesca y en otras actividades relacionadas con el mar.
- Impactos a la salud y el bienestar de las personas.
- Impactos culturales.

En el medio marino existen ejemplos de especies invasoras de todo tipo, desde plantas a vertebrados, e incluso microbios. El ISSG, grupo especialista de la UICN en especies invasoras, explica el proceso de invasión dividiéndolo en tres fases principales:

- **Introducción de la especie:** Debe sobrevivir durante y después del transporte. Son pocas las especies marinas que sobreviven debido a condiciones ambientales desfavorables como la iluminación, temperatura, salinidad, niveles de nutrientes, etc.
- **Establecimiento y reproducción:** Los organismos que sobreviven deben persistir y reproducirse hasta que se naturalicen con el nuevo medio.
- **Propagación:** La especie introducida comienza a multiplicarse y propagarse. Algunas veces es necesario que pase un tiempo de reposo antes de comenzar el proceso. Esta es la fase de explosión.

Se conoce como población fundadora al grupo inicial de organismos de la misma especie que se establece en un nuevo ambiente. Un número mínimo de individuos son necesarios para que esta población se expanda exitosamente. El tamaño de la población mínima variará dependiendo de la especie y también de las condiciones ambientales. Se ha observado que las especies invasoras, incluyendo las marinas, tienden a tener una fase de

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 13

reposo durante la cual no son muy abundantes y sus impactos no son apreciables. La fase de reposo tiene una duración impredecible.

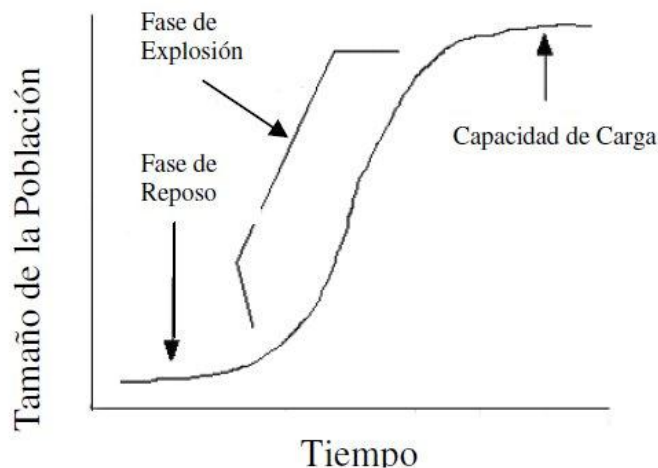


Figura 4 - Fases de la invasión (Fuente: “El control de especies invasoras en ambientes marinos y costeros”, ISSG)

Sin embargo, con el tiempo la población se incrementa rápidamente, en una fase llamada de explosión, y los impactos se vuelven evidentes. Durante la fase de explosión, la población se eleva hasta alcanzar la capacidad de carga del ambiente. Otros organismos invasores, como parásitos o flores de algas, no tienen tiempo de reposo y los efectos de su expansión pueden ser vistos inmediatamente. Por otro lado, otras especies exóticas introducidas no experimentan una explosión de población, y por tanto no se convertirán en invasoras.

Según un equipo internacional del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que han participado en un proyecto europeo denominado DAISIE alrededor de 11.000 especies invasoras habitan Europa en la actualidad. En concreto, España cuenta con unas 1.400 de estas especies foráneas. Además se revela que más del 10% de las especies invasoras resultan perjudiciales para los ecosistemas y la economía europea.

Este registro contiene fichas detalladas de 100 de las especies que generan mayores gastos y daños para la biodiversidad. Además, se adjunta recomendaciones para la gestión de estas especies. A día de hoy, de las 11.000 especies, se conoce el impacto ecológico de 1.094, un 10% del total, y ha sido documentado el impacto económico de 1.347 especies, el 13% de

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 14

las registradas. Según los datos, el Mediterráneo es el área marina más perjudicada, con una superficie afectada de 2,5 millones de kilómetros cuadrados y 1.313 especies registradas.

Algunas de las especies marinas invasoras que más daños producen según el proyecto DASIE y la Base de Datos Mundial sobre Especies Invasoras del ISSG son:

- *Odontella sinensis*: Es un alga asiática del plancton que se reproduce con extrema facilidad, invadió el mar del Norte en 1903. Se trata de la primera especie exótica invasora de la que se tuvo conciencia.



Figura 5 - Distribución de *Odontella sinensis* (Autor: S. Gollasch)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 15

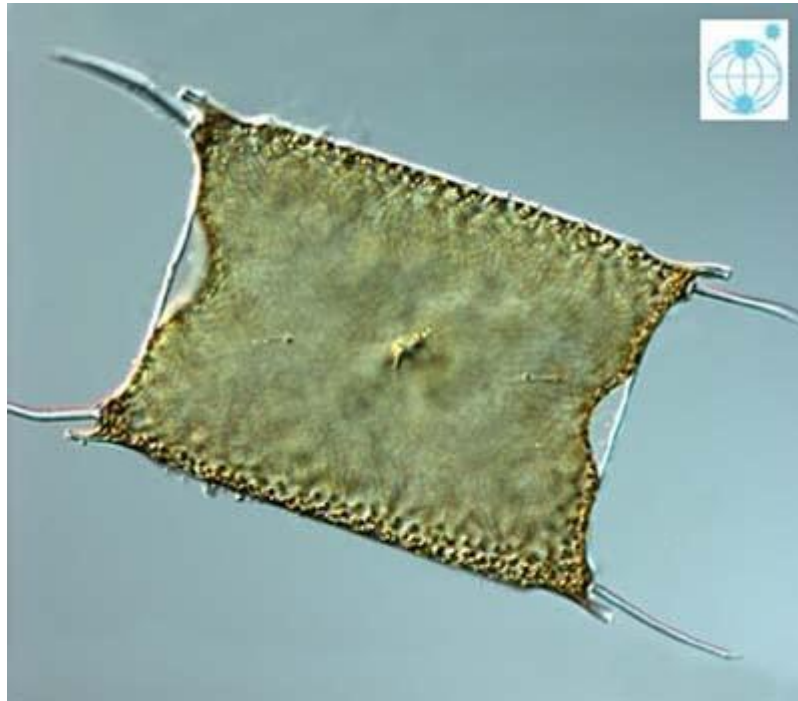


Figura 6 - *Odontella sinensis* (Fuente: [Mona Hoppenrath](#))

- *Alexandrium catenella*: Es una microalga que se está expandiendo por todo el Mediterráneo. Es una especie tóxica que puede llegar a provocar serios problemas de salud tras la ingesta de marisco contaminado con estas toxinas, tales como hormigueo, vértigo, dolores de cabeza, náuseas, parálisis e incluso paradas cardíacas en los casos más graves. Su tamaño ronda los 20 a 39,5 μm y es un formador de cadenas cuyas células presentan un ligero aplastamiento. Su ciclo vital se caracteriza por formar quistes de resistencia que se depositan en el bentos. Su hábitat natural se encuentra en el Océano Pacífico, especialmente en el estado de California, Estados Unidos. Su toxicidad puede tener también repercusiones económicas, ya que es la responsable de daños en la acuicultura y la cosecha de mariscos.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 16



Figura 7 - Regiones invadidas por la *Alexandrium catenella* (Fuente: KUCORPI)

- Caulerpa taxifolia*: Esta alga puede llegar a medir entre 5 y 65 centímetros de longitud. Fue introducida por error en Mónaco en 1984 y debido a su poder de expansión ésta crece rápidamente en los fondos Mediterráneos. Puede colonizar todo tipo de sustratos, incluso a densidades bajas ha sido observada. Además, tiene la capacidad de seguir creciendo independientemente de si las aguas son limpias o contaminadas, en aguas tranquilas o en puntas rocosas batidas por el mar. Su gran capacidad y rapidez de crecimiento y su capacidad de supervivencia en el Mediterráneo permite mantener invadida la zona, quedando las gorgonias recubiertas, poco a poco. También provoca la regresión de otras algas, esponjas y erizos, afectando principalmente a las fanerógamas, en concreto las praderas de posidonia. Es originaria de costas del Caribe, Golfo de Guinea, Mar Rojo, este de África, China, Japón y zonas de Australia.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 17



Figura 8 - Regiones invadidas por *Caulerpa taxifolia* (Fuente: B. Galil)



Figura 9 - *Caulerpa taxifolia* (Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 18

- *Crassostrea gigas*: Es una ostra provista de valvas casi circulares y desiguales. Se nutre de partículas orgánicas microscópicas, elementos del fitoplancton en general, que se encuentran suspendidas en el agua. Es propia del océano Pacífico. Ha habido plagas de ostras, provocando daños en el cultivo del mejillón, debido a la competencia por el alimento y el espacio. Puede ser la causa de enfermedades cuando entra en contacto con algas tóxicas, aunque se comercializa para la gastronomía.

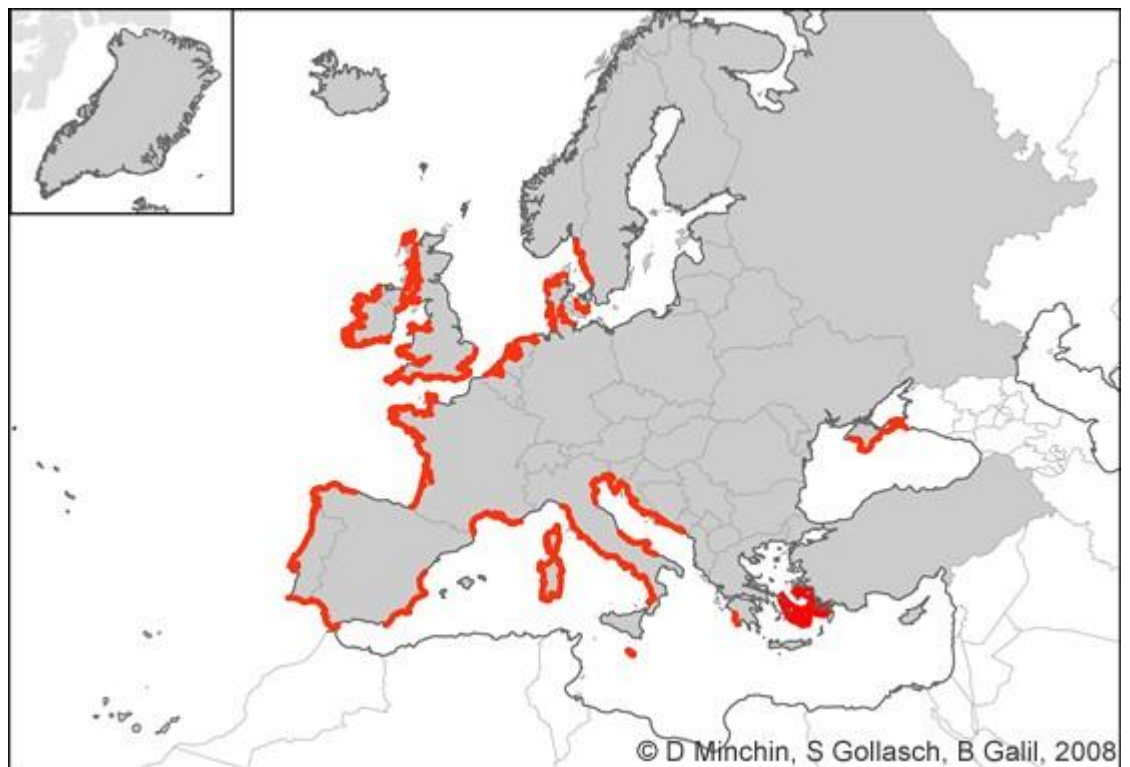


Figura 10 - Área invadida por *Crassostrea gigas* (Fuente: Minchin, Gollasch, Galil)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 19



Figura 11 - *Crassostrea gigas* (Fuente: D. Monniaux)

- *Asteiras amurensis*: Se trata de una especie invasora reciente, es una estrella de mar originaria del Pacífico norte (China, Corea, Japón y Rusia). Tiene un diámetro de cincuenta centímetros y se reproduce con extrema rapidez, ya que las hembras adultas de mayor tamaño pueden llegar a producir hasta 19 millones de huevos entre junio y septiembre. Las larvas son capaces de permanecer más de noventa días en el agua. Se alimenta de una gran cantidad de moluscos, por lo que puede provocar graves alteraciones del ecosistema. Recientemente se ha introducido en el mar de Bering, en las costas del norte de Canadá y, sobre todo, en Tasmania, unas veces a través de las aguas de lastre y otras fijada al casco de los buques.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 20



Figura 12 - *Asteiras amurensis* (Fuente: Jan Haaga)

- *Crepidula fornicata*: Es una concha ovalada, de 25 milímetros de alto y hasta 50 de largo. La superficie es lisa, con líneas de crecimiento irregular. Es de color blanquecino, amarillo, verdoso o pardo, con líneas rojizas a veces. Su interior es blanco. Se encuentra en aguas pocas profundas, sobre conchas o piedras. Los ejemplares forman largas cadenas de hasta doce individuos. La hembra es de mayor tamaño y los más pequeños son los machos, que al ir creciendo se van convirtiendo en hembras. Es originaria de las costas de Norteamérica pero ha sido introducida en Europa, apareciendo por primera vez en Liverpool. Se sospecha que pudo haber sido introducida pegada a los cascos de los buques o en las aguas de lastre en estado larvario. Tiene una rápida tasa de crecimiento y carece de depredadores, además constituye una plaga en cultivos de ostras y mejillones, a los que se fija y compite con ellos por alimento y sustrato, ya que es una especie muy competitiva.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 21



Figura 13 - Regiones invadidas por la *Crepidula fornicata* (Fuente: D. Minchin)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 22



Figura 14 - *Crepidula fornicata* (Fuente: Sergej Olenin)

- *Dreissena polymorpha*: Conocido como mejillón cebra, es un pequeño bivalvo de agua dulce, aunque también resiste aguas salobres, originario de la cuenca del mar Caspio. El mejillón cebra colonizó los muelles de Londres en los años veinte del siglo XIX, introducido por la navegación fluvial, y desde allí se extendió poco a poco por todo el continente. En 1988 fue visto por primera vez en América del Norte, en un pequeño lago de Detroit (Estados Unidos), y desde los Grandes Lagos ha penetrado en diversos ríos norteamericanos. En el año 2001 Quercus publicó la aparición de esta especie en España, concretamente en el curso bajo del Ebro, seguramente a causa de una embarcación que traía aguas de lastre infestadas con larvas de mejillón cebra. A pesar de su pequeño tamaño, este bivalvo provoca graves desequilibrios ecológicos, debido a que es muy prolífico, se alimenta de fitoplancton y compite con ventaja frente a otras especies. Además se adhiere a todo tipo de superficies sumergidas, como tuberías, buques, boyas e incluso a las conchas de los bivalvos.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 23

autóctonos, entre ellos la náyade *Margaritifera auricularia*, seriamente amenazada de extinción.

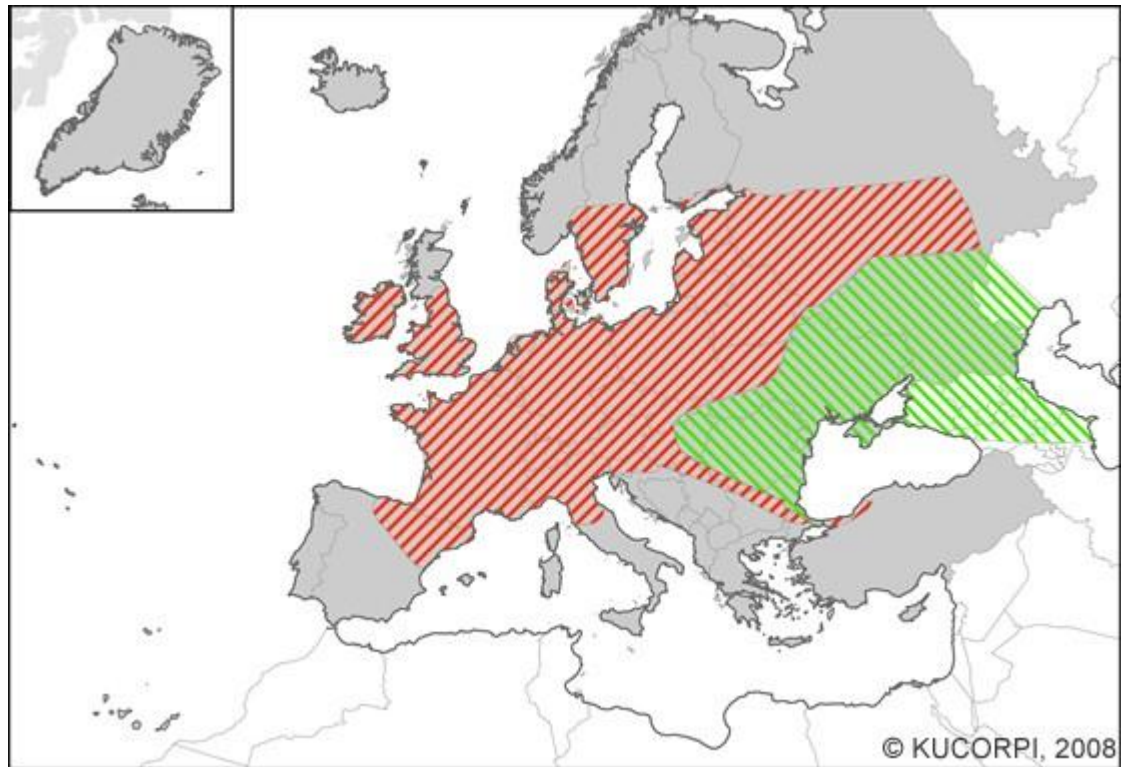


Figura 15 - En rojo: región invadida por *Dreissena polymorpha*. En verde: región de la que es nativa (Fuente: KUCORPI)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 24



Figura 16 - *Dreissena polymorpha* (Fuente: Anastasija Zaiko)

Ya en el terreno de la salud humana, otro grave problema es el causado por la bacteria *Vibrio cholerae*, responsable de la enfermedad del cólera. Esta bacteria produce una enterotoxina que origina diarreas, vómitos y una fuerte deshidratación, capaz de provocar la muerte en cuestión de horas si no se trata. La mayor parte de los individuos infectados por el cólera no presentan síntomas de ningún tipo, aunque la bacteria puede permanecer en las heces por un periodo de tiempo que oscila entre los siete y los catorce días. Solo un 10% desarrollan la enfermedad y padecen los típicos síntomas de deshidratación. La OMS (Organización Mundial de la Salud) calcula que cada año se producen entre 3 millones y 5 millones de casos de cólera y entre 100 000 y 120 000 defunciones. El breve periodo de incubación, que fluctúa entre dos horas y cinco días, acrecienta el carácter potencialmente explosivo de los brotes epidémicos. La bacteria puede sobrevivir en el agua durante largos periodos de tiempo, incluso cincuenta días cuando se asocia con algas o crustáceos marinos, lo que la convierte en una buena candidata al transporte en aguas de lastre.

Según informa la OMS el cólera procede del delta del río Ganges, en la India, desde donde se propagó por el mundo a lo largo del siglo XIX. Seis pandemias en sucesión mataron a millones de personas en todos los continentes. En la actualidad, el cólera es endémico en muchos países.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 25

En 1991, se desarrolló en Perú una epidemia del cólera en la que murieron más de 500 personas y cerca de 100.000 fueron afectadas. La OMI atribuyó el origen de la enfermedad a la descarga del virus contenido en las aguas de lastre que se depositaban en sus puertos. (Tamelander et al. 2010)

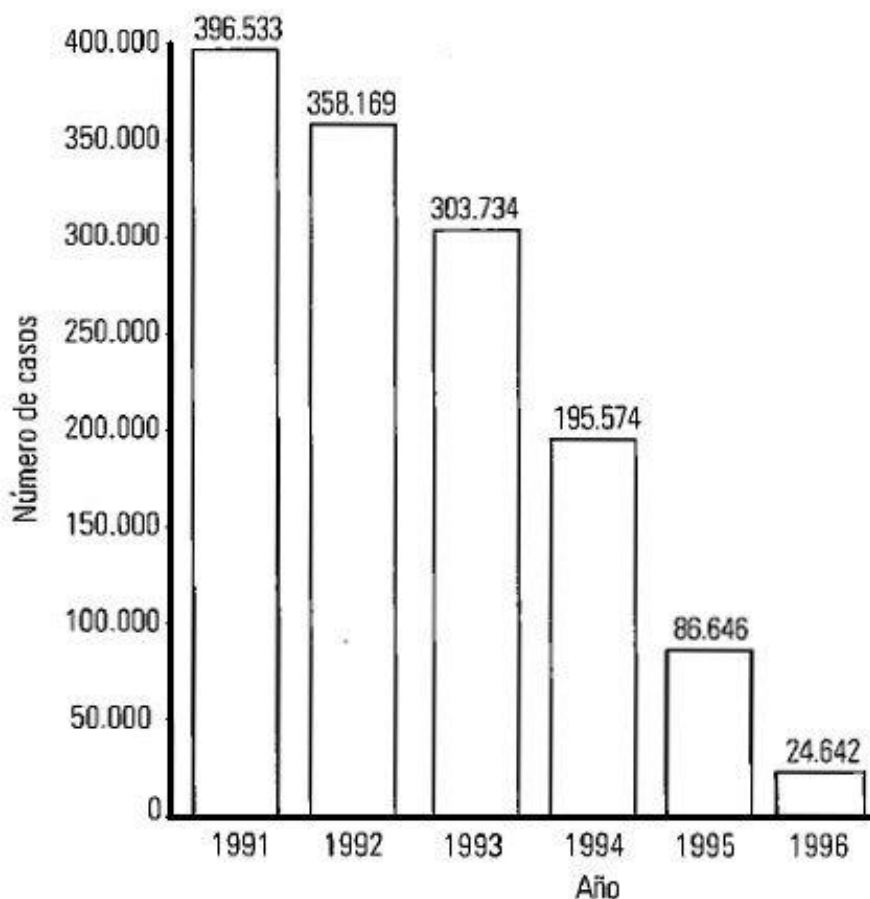


Figura 17 - Número de casos de cólera en América declarados por los Ministerios de Salud a la Oficina Panamericana de la Salud (Quevedo et al. 1997)

La epidemia de cólera de 1991, que no se puede considerar terminada aún, es la mayor epidemia de cualquier enfermedad en el siglo XX en Perú. Según la Organización Panamericana de la Salud, el cólera cruzó rápidamente las fronteras peruanas y, hacia mediados de año, había alcanzado Ecuador, Colombia, Brasil, Chile y Guatemala, y había amenazado seriamente a otros países de la región.

La epidemia puso a América en la lista de regiones en las cuales se había esparcido la séptima pandemia de cólera. Esta pandemia, originada en Indonesia en 1961, barrió el mundo, y afectó según la OMS a por lo menos 98 países.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 26

La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos de América (Food and Drug Administration: FDA), aisló el microorganismo en 1991, con características genéticas idénticas a la cepa epidémica latinoamericana, en diversas muestras de sedimentos marinos, mariscos y contenido estomacal de pescados tomadas en Dauphin Island, Alabama; pocos meses después, en el mismo laboratorio se aisló el vibrión colérico en muestras de agua de lastre y de los tanques de dos barcos recién llegados a ese puerto desde un país latinoamericano. (Quevedo et al. 1997)

1.3 - Legislación

Como ya hemos expuesto anteriormente, se reconoció por primera vez la introducción de una especie exótica al encontrarse el alga asiática *Odontella sinensis* en el Mar del Norte a principios del siglo XX. Sin embargo no fue hasta la década de 1970 cuando la comunidad científica comenzó a concienciarse de la verdadera magnitud del problema e iniciase su estudio con detalle.

Los primeros países afectados que trasladaron su preocupación al MEPC (Comité de Protección del Medio Ambiente Marino), organismo perteneciente a la OMI, fueron Australia y Canadá en la década de los 80.

En respuesta a la amenaza que suponen las especies marinas invasivas, el MEPC adoptó el 4 de Julio de 1991 la resolución 50(31) *“Guía para prevenir la introducción de organismos indeseados y patógenos procedentes del agua de lastre y de los sedimentos”*, adoptando directrices de prevención.

Durante las Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo (UNCED por sus siglas en inglés) que tuvieron lugar en 1992 en Río de Janeiro, se llamó a la OMI y otras instituciones internacionales a tomar medidas para abordar la transferencia de organismos dañinos como consecuencia de la navegación marítima:

“Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, 3 a 14 de junio, 1992. Extracto de la sección sobre: Prevención, reducción y control de la degradación del medio ambiente marino resultante de actividades basadas en el mar.

17.30 Los Estados, actuando individual, bilateral, regional o multilateral y en el marco de la OMI y otras organizaciones internacionales competentes, sean subregionales, regionales o mundiales, según proceda, deberían evaluar la necesidad de medidas adicionales para hacer frente a la degradación del medio ambiente marino:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 27

(a) A través de:

(vi) Considerando la adopción de normas apropiadas sobre la descarga de agua de lastre para evitar la propagación de organismos foráneos "

En ese año varios estados afectados ya habían adoptado medidas a título individual, es entonces cuando se sugiere tomar medidas legales aplicables en un ámbito mundial. De este modo se crea dos años después un grupo de trabajo establecido por el MEPC el cual se encuentra dentro del programa llamado Globallast Partnerships (GBP), que emerge con el fin de investigar sobre la temática de las aguas de lastre. La iniciativa conjunta de la OMI, el PNUD y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) para abordar el problema de las especies invasoras en el agua de lastre marcó una nueva fase en el esfuerzo internacional para abordar el problema. Tras el éxito del proyecto original, la OMI está ejecutando un proyecto de cinco años para mantener el impulso mundial para hacer frente al problema del agua de lastre y unir asociaciones mundiales innovadoras para desarrollar soluciones.

El objetivo principal de GBP es ayudar a los países en desarrollo para reducir el riesgo de invasiones de especies acuáticas debido al agua de lastre y los sedimentos transportados.

El 27 de Noviembre de 1997 la Asamblea de la OMI adoptó la resolución A.868(20) "Directrices para el control y gestión del agua de lastre de los buques, para reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y patógenos" reemplazando las anteriores directrices por unas más completas.

La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (WSSD) (Johannesburgo, 2002) hizo una llamada a la aceleración del desarrollo de medidas para controlar las especies invasivas en el agua de lastre, y urgió a la OMI a finalizar el Convenio sobre Aguas de Lastre.

Tras 14 años de negociaciones la OMI adoptó el Convenio Internacional sobre el Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los buques (Convenio de BWM) a partir de la celebración de la Conferencia Internacional sobre la gestión de aguas de lastre de los barcos, el 13 de febrero del 2004 en la sede de la OMI de Londres. Este convenio entrará en vigor transcurridos doce meses a partir de la firma de una treintena de Estados, representando al 35% del tonelaje marítimo mundial.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 28

El MEPC, en su 51 sesión en abril de 2004, aprobó un programa para el desarrollo de las directrices y procedimientos para la implantación uniforme del Convenio BWM. El programa se amplió en el 53 período de sesiones del MEPC en julio de 2005 para desarrollar y adoptar 14 conjuntos de directrices, la última de las cuales adoptada mediante la resolución MEPC.173 (58), en octubre de 2008.

A fecha de 5 de Junio de 2015, 44 estados han ratificado el Convenio, lo que representa un 32.86% del tonelaje mundial (Status of multilateral Conventions and instruments in respect of which the International Maritime Organization or its Secretary-General performs depositary or other functions, IMO 2014). El aumento significativo de países que quieren formar parte es debido al avance de las últimas directrices para una aplicación uniforme del Convenio BWM además de la certificación de las tecnologías modernas para el tratamiento de las aguas de lastre.

1.3.1 - Resolución A.868 (20)

En vista de los graves problemas ambientales y sanitarios que pueden derivarse de las aguas de lastre, la OMI aconseja una serie de medidas para su tratamiento y control. Estas directrices se aglutinan en la resolución A.868 (20), aprobada el 27 de noviembre de 1997 como anexo del convenio MARPOL, lleva por título *“Directrices para el control y la gestión de las aguas de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos”*.

Su objetivo es lograr que toda la flota mundial esterilice las aguas de lastre en el plazo de unos pocos años. Además, pide a los gobiernos que impulsen medidas urgentes para aplicar tales directrices y difundirlas en el sector naviero. Así todos los buques deberían ir provistos de un plan de gestión del agua de lastre específico, incluido en la documentación relativa a sus operaciones.

Las medidas de control y gestión recomendadas por las Directrices incluyen:

- Minimización de la admisión de organismos durante el lastrado, evitando áreas en puertos donde se conozca la presencia de poblaciones de organismos nocivos, en aguas superficiales y de noche, cuando los organismos bentónicos podrían ascender por la columna de agua.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 29

- Limpieza de los tanques de lastre y remoción de fangos y sedimentos que se acumulan en esos tanques de modo regular.
- Evitar las descargas innecesarias de agua de lastre
- Implementar procedimientos de gestión de agua de lastre, incluyendo:
 - Intercambio del agua de lastre en el mar, reemplazándolo con agua “limpia” de alta mar. Cualquier especie marina tomada en el puerto de origen tiene menos probabilidades de sobrevivir en alta mar, donde las condiciones medioambientales difieren de las de las aguas costeras y portuarias.
 - Minimizar o evitar la descarga de aguas de lastre
 - Descargar a terminales de recepción e instalaciones de tratamiento en tierra.

Procedimientos que deben seguir los Estados rectores de puertos:

- Debe haber disponibles instalaciones de recepción y tratamiento para eliminar de manera ambientalmente segura los sedimentos de los tanques de lastre.
- La descarga del agua de lastre de los buques en instalaciones de recepción y/o tratamiento puede constituir un medio aceptable de control. Las autoridades de los Estados rectores de puertos que deseen seguir esta estrategia deberán asegurarse de que las instalaciones son idóneas.

1.3.2 - Plan Modelo de Gestión de Aguas de Lastre:

La industria del transporte marítimo se ha mostrado asimismo muy activa en el control de las especies marinas invasivas y participa activamente en el “Comité de Protección del Medio Marino” (MEPC) de la OMI, dentro del “Grupo de Trabajo sobre Agua de Lastre”. En particular, la “Cámara Internacional del Transporte Marítimo” (ICS), así como la “Asociación

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 30

Internacional de Navieros de Buques Tanque” (INTERTANKO) y las Sociedades de Clasificación han publicado diversos Planes Modelo de Gestión de Aguas de Lastre, que proporcionan unas guías prácticas para la implementación de las Directrices OMI a bordo de los buques.

Todas las medidas establecidas por las Directrices OMI están sujetas a limitaciones en cuanto a su efectividad. El re-lastrado en mar abierto constituye normalmente la mejor medida de minimización de riesgos disponible, pero está supeditada a los límites de seguridad del buque. Incluso cuando pueda ser usada, esta técnica no llega al 100% de efectividad en la eliminación de organismos del agua de lastre.

Reconociendo las limitaciones de las Directrices **A.868(20)**, la ausencia de una solución totalmente efectiva y la seria amenaza creada por las especies marinas invasivas, los Estados Miembros de la OMI acordaron desarrollar un instrumento internacional que regulase y controlase el agua de lastre, lo que culminó en la adopción del Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos en febrero 2004.

1.3.3 - Convenio Internacional para el Control y la Gestión de Agua de Lastre (BWM)

El Convenio Internacional para el Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques fue adoptado por consenso en la Conferencia Diplomática de la OMI de Londres, a 13 febrero de 2004. La Conferencia estuvo constituida por representantes de 74 Estados, un Miembro Asociado de la OMI, y por observadores de dos organizaciones intergubernamentales y de 18 organizaciones no gubernamentales.

El Convenio entrara en vigor 12 meses después de su ratificación por 30 Estados que representen el 35% del tonelaje bruto de la flota mercante mundial (Artículo 18.-Entrada en vigor). A 9 de Enero de 2014, 38 estados, incluyendo España, han ratificado el Convenio, lo que representa un 30,38% del tonelaje mundial. El Consejo de Ministros, en su reunión del 19 de noviembre de 2004, autorizó la adhesión de España al “*Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de Buques*”.

El Convenio BWM está dividido en dos grandes bloques bien diferenciados. Por un lado encontramos el Convenio en sí y por el otro lado las reglas a aplicar, organizadas en disposiciones generales, reglas y normas que atañen a la gestión y control de las aguas de lastre o prescripciones específicas

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 31

para zonas de riesgo así consideradas. Presento su estructura en un índice para su posterior mención:

1. Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los buques 2004

- *Artículo 1: Definiciones*
- *Artículo 2: Obligaciones de carácter general*
- *Artículo 3: Ámbito de aplicación*
- *Artículo 4: Control de la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos por el agua de lastre y sedimentos de los buques*
- *Artículo 5: Instalaciones de sedimentos de los buques*
- *Artículo 6: Investigación científica y técnica y labor de vigilancia*
- *Artículo 7: Reconocimiento y certificación*
- *Artículo 8: Infracciones*
- *Artículo 9: Inspección de buques*
- *Artículo 10: Detección de infracciones y control de buques*
- *Artículo 11: Notificación de las medidas de control*
- *Artículo 12: Demoras innecesarias causadas a los buques*
- *Artículo 13: Asistencia técnica, cooperación y cooperación regional*
- *Artículo 14: Comunicación de información*
- *Artículo 15: Solución de controversias*
- *Artículo 16: Relación con el derecho internacional y con otros acuerdos*
- *Artículo 17: Firma, ratificación, aceptación, aprobación y adhesión*
- *Artículo 18: Entrada en vigor*
- *Artículo 19: Enmiendas*
- *Artículo 20: Denuncia*

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 32

- *Artículo 21: Depositario*
- *Artículo 22: Idiomas*

2. Reglas para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques

- SECCIÓN A – Disposiciones generales
 - o Regla A-1: Definiciones
 - o Regla A-2: Aplicación general
 - o Regla A-3: Excepciones
 - o Regla A-4: Exenciones
 - o Regla A-5: Reglas equivalentes
- SECCIÓN B – Prescripciones de gestión y control aplicables a los buques
 - o Regla B-1: Plan de gestión del agua de lastre
 - o Regla B-2: Libro Registro del agua de lastre
 - o Regla B-3: Gestión del agua de lastre para los buques
 - o Regla B-4: Cambio del agua de lastre
 - o Regla B-5: Gestión de los sedimentos de los buques
 - o Regla B-6: Funciones de los oficiales y de los tripulantes
- SECCIÓN C – Prescripciones especiales para ciertas zonas
 - o Regla C-1: Medidas adicionales
 - o Regla C-2: Avisos sobre la toma de agua de lastre en ciertas zonas y medidas conexas del Estado de abanderamiento
 - o Regla C-3: Comunicación de información

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 33

- SECCIÓN D – Normas para la gestión de las aguas de lastre
 - o Regla D-1: Norma para el cambio del agua de lastre
 - o Regla D-2: Norma de eficacia de la gestión del agua de lastre
 - o Regla D-3: Prescripciones relativas a la aprobación de los sistemas de gestión del agua de lastre
 - o Regla D-4: Prototipo de tecnologías de agua de lastre
 - o Regla D-5: Examen de normas por la Organización

- SECCIÓN E – Prescripciones sobre reconocimiento y certificación para la gestión del agua de lastre.
 - o Regla E-1: Reconocimientos
 - o Regla E-2: Expedición o refrendo del Certificado
 - o Regla E-3: Expedición o refrendo del Certificado por otra Parte
 - o Regla E-4: Modelo del Certificado
 - o Regla E-5: Duración y validez del Certificado

3. APÉNDICE I – Modelo de certificado Internacional de Gestión del Agua de Lastre

4. ÁPENDICE II – Modelo de Libro de Registro del Agua de Lastre

Tal y como se puede observar el texto está totalmente redactado, a la espera de que transcurran los doce meses después de su aprobación total para ser adherido al Convenio MARPOL en forma de su ANEXO VII.

El ámbito de aplicación del convenio son los buques (entendiendo por *buque* toda nave, del tipo que sea, que opere en el medio acuático, incluidos los sumergibles, los artefactos flotantes, las plataformas flotantes, las Unidades Flotantes de Almacenamiento *FSU* (Floating Storage Unit) y las Unidades Flotantes de Producción, Almacenamiento y Descarga *FPSO* (Floating Production Storage and Off-loading)) que enarbolan la bandera de una Parte (estado que firma y ratifica este Convenio, dando su conformidad en todo su

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 34

contenido o bien Miembros de la Organización cómo Parte de la Organización) así como buques cuyo pabellón no forme parte de estados conformes, pero operen en puertos u otras zonas bajo la autoridad de estados que si lo estén.

El que podría ser el Anexo VII del MARPOL no se aplicará a buques que estén diseñados para no llevar aguas de lastre, como por ejemplo fast ferrys, ni a buques de guerra o buques auxiliares de la Armada. El Convenio en sí, primera parte del texto, consta únicamente de la normativa. Es importante resaltar que los buques a los que se les aplique este Convenio están sujetos a inspecciones por parte de funcionarios debidamente autorizados. Estas inspecciones se limitan básicamente a verificar que existe a bordo el Certificado que se expide a los buques que cumplen con la normativa, a inspeccionar el Libro de registro del agua de lastre y/o tomar muestras del agua de lastre con conformidad con las directrices que elabore la Organización. También se pueden llevar a cabo inspecciones por no llevar un Certificado válido, pudiendo ser sin previo aviso si existen motivos para sospechar de esto.

Estas inspecciones supondrían unas esperas innecesarias en puerto, siendo uno de los motivos de reticencia por parte de las compañías el miedo al gasto que esto pudiera ocasionar. Muchos estados no firmaban entonces para evitar más pérdidas económicas en su flota. A raíz de todo esto aparece el artículo 12 dónde se informa que las demoras innecesarias que pueda sufrir un buque por una detención innecesaria en puerto pueden ser motivo de indemnización para la naviera, cubriendo entonces todos los daños o perjuicios que se haya sufrido.

Las Partes deben encargarse, a través de la Organización y otros organismos internacionales a formar el personal, disponer de tecnologías, equipos e instalaciones adecuadas, involucrarse en programas de investigación y desarrollo y finalmente, tomar medidas para garantizar la implantación de dicho Convenio y de las orientaciones relativas a éste. Además, cada estado debe garantizar el intercambio de información, ya sea para solicitarla como para facilitarla a otro gobierno contratante o bien a la Organización.

El segundo bloque del Convenio está formado por cinco secciones diferentes. La primera sección a modo introductorio especifica disposiciones generales tales como ámbitos de aplicación y definiciones previas.

La Sección B gana importancia ya que habla sobre el Plan de Gestión del Agua de Lastre que cada buque llevará a bordo de forma individual,

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 35

especificando detalladamente los procedimientos de seguridad para el buque y su tripulación en cuanto a estos aspectos, se informará de las medidas que adoptan para implantar estas prescripciones, se especificará los procedimientos a seguir para descargar las aguas de lastre en el mar y se nombrará una persona encargada del cumplimiento a bordo.

La Sección C plasma prescripciones especiales para ciertas zonas que se puedan considerar críticas. La Sección D enumera las normas a aplicar para la gestión de aguas de lastre. Por su parte la Sección E especifica las prescripciones sobre reconocimiento y certificación para la gestión del agua de lastre.

El núcleo del Convenio, que concentra la verdadera aportación novedosa del mismo, se encuentra recogido en las Reglas B-3, B-4, D-1 y D-2. Simplificando podemos decir que las Reglas D nos dicen “*cómo y cuándo se puede hacer*” el cambio de agua de lastre, y las Reglas B “*dónde se puede hacer*”.

La “*Regla D-1*” recoge, el método tradicional o “sin tratamiento”, que consiste simplemente o bien en cambiar vaciando y volviendo a llenar los tanques de lastre con un porcentaje de renovación de, al menos, el 95% o bien mediante el método del “*bombeo continuo*”, que es sencillamente no dejar de meter agua en los tanques de lastre y hacerlo rebosar hasta bombear tres veces el volumen de los tanques. Este método “D-1” es, obviamente, a extinguir, una vez se desarrolle la tecnología innovadora que permita el tratamiento del agua de lastre a bordo de los buques.

El cambio de agua de lastre (el tradicional), siempre que sea posible, se realizara, al menos, a 200 millas náuticas de la tierra más cercana, y en aguas de, al menos, 200 metros de profundidad.

Si esto no es posible, el cambio se llevara a cabo a 50 millas de la costa y en aguas de al menos 200 metros de profundidad.

Si las anteriores condiciones resultasen impracticables, el Estado rector del puerto, en consulta con Estados adyacentes o con otros Estados, según proceda, podrá designar zonas dentro de las aguas jurisdiccionales para el cambio de agua de lastre. No obstante, las Reglas ya anticipan que en breve habrá disponible tecnología suficiente para tratar el agua de lastre a bordo de los buques y desechar definitivamente y para siempre el cambio de agua de lastre.

La “*Regla D-2*” recoge la calidad que deberá tener la gestión del agua de lastre cuando se le someta a algún tratamiento físico, químico, mecánico o

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 36

biológico, estableciendo que una descarga de agua de lastre solo podrá ser realizada si dicho agua contiene:

- Menos de 10 organismos viables por metro cúbico, tales que su tamaño mínimo sea mayor o igual a 50 micrómetros.
- Menos de 10 organismos viables por mililitro (la millonésima parte de un metro cúbico) cuyo tamaño mínimo sea menor de 50 micrómetros pero mayor de 10 micrómetros.

Además, la descarga de microbios indicadores, a efectos de la salud de los seres humanos, y que se relacionan a continuación, no excederá de las concentraciones siguientes:

- *Vibrio cholerae* toxicogeno (O1 y O139): menos de una unidad formadora de colonias (ufc) por 100 mililitros o menos de un ufc por gramo (peso húmedo) de muestras de zooplancton.
- *Escherichia coli*: menos de 250 ufc por 100 mililitros.
- Enterococos intestinales: menos de 100 ufc por 100 mililitros.

Por otra parte las Administraciones se reservan el derecho de aplicar medidas adicionales, más estrictas, si esa es su intención, siempre y cuando notifiquen a la OMI dichas medidas, al menos, con seis meses de antelación, salvo en situaciones de emergencia o epidemia, en que podrán adoptarse medidas con carácter inmediato.

Cada buque llevara a bordo y aplicara, según las fechas que correspondan, un “*Plan de Gestión del Agua de Lastre*” aprobado por la Administración, y llevara también a bordo un “Libro Registro del Agua de Lastre” donde se reflejen los diferentes asientos de cara a una futura inspección.

Dicho libro se mantendrá a bordo durante un periodo de dos años después de entrar su último registro, posteriormente pasará a disposición de la Compañía tres años más. En este mismo Libro de Registro se especifican las anotaciones que se deben realizar:

- Tomas de agua a bordo, especificando fecha, hora y lugar del puerto o instalación dónde se ha efectuado la toma (o si es fuera del puerto), volumen de la toma en unidades del Sistema Internacional (metros cúbicos) y firma del oficial de guardia encargado de la operación.
- Cuando se haga circular o se trate las aguas de lastre con la finalidad de gestionarlas, anotando también la hora, volumen, si cumple dicha

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.3	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 37

operación con el Plan de Gestión del buque y firma del oficial de guardia.

- Cuando se descarga agua en el mar, dejando constancia de los mismos datos anteriores más la especificación de si se le había aplicado anteriormente el Plan de Gestión del agua.
- Cuando se descarga en una instalación de recepción, se anotarán los mismos datos, añadiendo el puerto receptor y también si se aplicó con anterioridad el Plan de Gestión.
- Descarga o toma accidental o excepcional, siguiendo las mismas prescripciones anteriores. Especificando los motivos, circunstancias y observaciones.

Tanto los modelos del Libro de Registros como y el Certificado deben cumplir con los modelos propuestos en los apéndices I y II. Siendo el Certificado expedido para un periodo de cinco años o para el periodo especificado por la Administración.

1.4 – Selección del sistema de tratamiento

Existen métodos muy variados de tratar el agua de lastre. Las aguas podrían tratarse, por ejemplo, en el puerto de destino, aunque dado el enorme tráfico marítimo que surca hoy en día los mares sería inevitable acumular largos turnos de espera, que se traducen en grandes pérdidas económicas. La otra opción, más viable, es un tratamiento individualizado a bordo de cada buque, ya sea durante el trayecto o al llegar a puerto.

Dentro ya de los distintos sistemas que se conocen para esterilizar el agua de mar podemos distinguir tres tipos fundamentales: físicos, mecánicos y químicos.

Entre los métodos físicos más utilizados y eficaces se encuentran:

- Radiación ultravioleta: tiene el inconveniente de que requiere un tratamiento de tipo mecánico previo para poder trabajar en óptimas condiciones.
- Tratamiento por calor: aprovecha la energía de las calderas para aumentar la temperatura del agua y producir la muerte de los organismos, aunque requiere un diseño complicado y es menos eficaz que el tratamiento mediante radiación ultravioleta.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 38

- Tratamiento por ultrasonidos: todavía está en fase experimental.

En cuanto a los métodos mecánicos son destacables:

- El tratamiento por filtración elimina cualquier sólido u organismo cuyo tamaño supere el poro del filtro, pero permite el paso a los más pequeños, como virus y bacterias, lo que invalida este método para funcionar por sí solo.
- Otro tanto sucede cuando centrifugamos el agua en un hidro-ciclón: aquellas partículas u organismos con una densidad mayor a la del agua serán arrastrados a la parte externa del dispositivo y resultarán fáciles de eliminar. Pero escaparán los que tengan una densidad similar o menor a la del agua de mar.

La tercera alternativa consiste en los tratamientos químicos, también muy variados. Cabe citar en primer lugar a los productos desinfectantes y biocidas, generalmente oxidantes de la materia orgánica, como, por ejemplo, el cloro que se usa para potabilizar el agua de consumo. Tienen el gran inconveniente de que las aguas así tratadas conservan cierto carácter biocida que podría afectar posteriormente a otras especies. Además, en ocasiones dan lugar a compuestos organoclorados de carácter tóxico y cancerígeno. Por lo tanto, se están investigando otras sustancias con efecto biocida temporal que no pongan en peligro a las demás especies, así como el uso de cobre y otros metales que son tóxicos para los microorganismos. Sin embargo, al no cubrir todas las zonas del tanque de lastre y dejar espacios muertos sin tratar, estos sistemas no son del todo eficaces.

Dentro de este mismo grupo de las medidas químicas se han propuesto otras opciones como el tratamiento con ozono, electrolisis o variaciones en el grado de acidez (pH) del agua, pero se han descartado debido a su alto coste y a que pueden acarrear nuevos problemas ambientales.

1.4.1- Descripción del método escogido: PureBallast

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 39

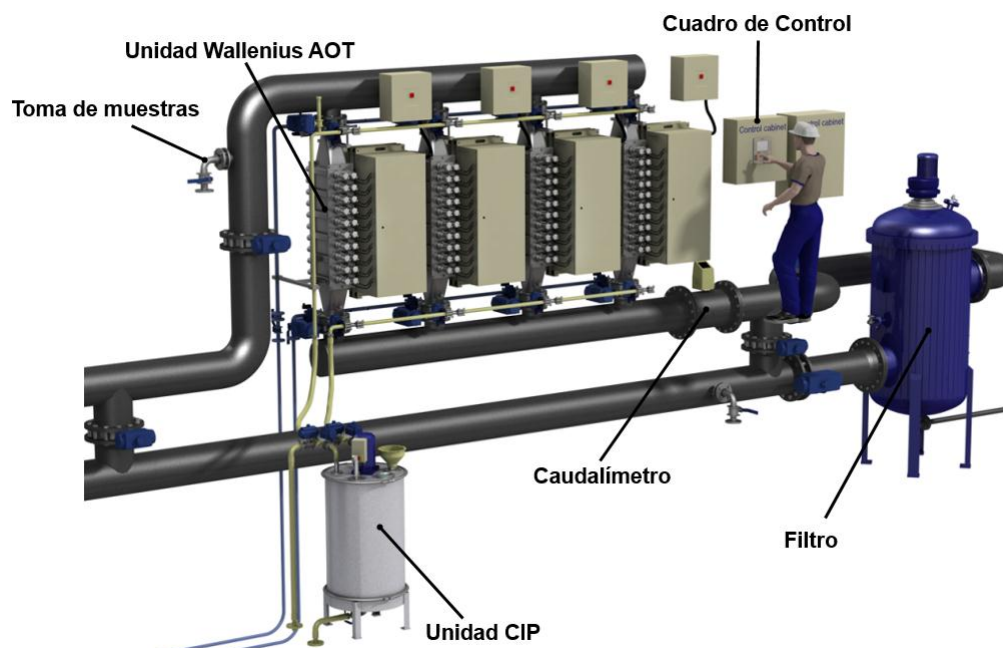


Figura 18 – Disposición del sistema PureBallast (Fuente: Alfa Laval)

PureBallast es un sistema de dos etapas (físico-mecánico) desarrollado por Alfa Laval que funciona primero con una filtración mecánica y posteriormente con una desinfección del agua de lastre mediante radiación UV sin el uso o generación de sustancias químicas.

En la primera etapa, un proceso mecánico de filtración elimina todos los organismos y partículas sedimentarias de un tamaño superior a 50 micras. De acuerdo a la convención de la OMI, esto previene depósitos sedimentarios acumulándose en los tanques de agua de lastre, así como garantiza un óptimo resultado para la posterior desinfección del agua de lastre. El filtro se limpia posteriormente introduciendo agua dulce en el sentido contrario al flujo.

En la segunda etapa, el agua previamente filtrada es desinfectada mediante el sistema AOT (Advanced Oxidation Technology). Esta radiación monocromática (254nm), en presencia de un catalizador, destruye de forma efectiva organismos como bacterias o fitoplancton.

El sistema tiene como componentes principales:

- Unidad AOT (Advanced Oxidation Technology)
- Filtro
- Unidad CIP (Cleaning in Process)

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 40

- Otros: Caudalímetros, válvulas, tomas de muestras, cuadros eléctricos.
- Opcional: Kit de drenaje.

El agua de lastre se trata tanto en la entrada a los tanques como en la descarga al mar. El propósito del tratamiento durante el lastrado es dejar entrar en los tanques de agua de lastre una cantidad mínima de organismos viables y reducir los sedimentos formados en los tanques, que constituyen una zona potencial de supervivencia de los organismos. El propósito de tratar de nuevo el agua en la descarga es impedir el crecimiento de organismos en los tanques de agua de lastre.

El sistema PureBallast ha sido probado tanto en instalaciones piloto en tierra como en buques, y se comercializa desde hace años. Además, tiene la aprobación de la OMI lo que garantiza el cumplimiento del Convenio BWM por parte de los buques que lo tengan instalado.

Unidad principal de oxidación catalítica (Wallenius AOT):



Figura 19 – Unidad AOT (Fuente: Alfa Laval)

Sistema patentado basado en los fotoprocesos que se producen de forma natural en la capa superficial del agua del mar. El proceso AOT actúa en dos

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 41

niveles: formación in-situ de radicales libres reactivos y fotoefectos directos. Estos dos niveles desactivan los microorganismos de manera sinérgica. Se utiliza un espectro especial de longitud de onda lumínica ultravioleta combinado con un catalizador basado en TiO_2 . El TiO_2 no se consume durante el proceso, ni se añade sustancia alguna.

La radiación en presencia de un catalizador produce radicales libres que destruyen la membrana de la célula. Estos radicales tienen una vida de nano-segundos, por lo que todas las reacciones tienen lugar en el interior de la unidad AOT y el sistema únicamente produce residuos no tóxicos. La efectividad de este sistema es bien conocida y ha sido aplicada en otros ámbitos, por ejemplo para mantener limpios los cristales de los rascacielos, que contienen dióxido de titanio (catalizador) y se limpian automáticamente con la luz del sol.

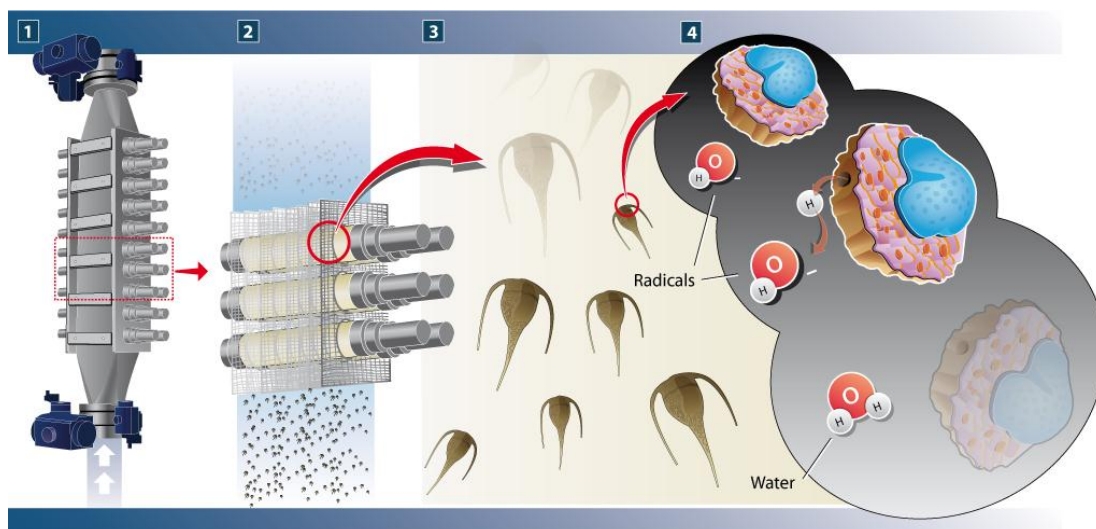


Figura 20 – Funcionamiento de la unidad AOT (Fuente: Alfa Laval)

Un radical es una molécula altamente inestable y extremadamente reactiva. Al ser creados cerca de los microorganismos, roban átomos de hidrógeno de sus membranas, creando una discontinuidad en éstas que acaba produciendo su muerte. Mientras tanto, el radical se convierte en agua.

El mantenimiento de los sistemas de eliminación de los organismos en suspensión es:

- Lámparas: 1.500 h
- Catalizadores: 3.000 h.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 42

El agua de lastre pasa por las unidades de oxidación catalítica tanto durante el lastrado como durante el deslastrado.

Filtro:



Figura 21 – Unidad filtro

Se trata de un filtro de 50 μ con lavado automático a contracorriente para eliminar las partículas y los organismos de mayor tamaño y reducir el nivel de sedimentos depositados en los tanques de agua de lastre. La inspección es anual.

Sistema de limpieza automático de las unidades de oxidación (CIP):

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 43



Figura 22 – Unidad de limpieza CIP

es un dispositivo de servicio automático que limpia los manguitos de cuarzo que cubren las lámparas ultravioleta después de cada secuencia de lastrado y deslastrado. Esta operación tiene por objeto evitar el aumento de los contaminantes del agua del mar, que, de lo contrario, reducirían la eficacia del módulo AOT. La operación dura 15 minutos por unidad y utiliza un ácido orgánico biodegradable.

Equipos de control:

- Sistema de control: Sistema de control general que controla el proceso, registra todos los datos y activa alarmas.
- Transformador: Suministra energía eléctrica a todas las unidades con independencia de las características eléctricas del buque.
- Puntos de muestreo: Permiten realizar un muestreo exacto antes y después del sistema de tratamiento.

Requisitos globales del sistema:

- Corriente trifásica 400 V hasta 690 V

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 44

- Corriente a 50 o 60 Hz.
- Caída de presión: 0,5 bar.
- Presión de trabajo: Max. 6 bar.

1.5 - Descripción del sistema de lastre inicial:

Capacidad de los tanques del buque seleccionado:

- Pique de proa: 419,1 m³
- Tanque lateral nº 1 babor: 573,4 m³
- Tanque lateral nº 1 estribor: 573,4 m³
- Tanque lateral nº2 babor: 616,5 m³
- Tanque lateral nº 2 estribor: 621,5 m³
- Tanque lateral nº3 babor: 618,8 m³
- Tanque lateral nº 3 estribor: 595,3 m³
- Tanque lateral nº 4 babor: 593,7 m³
- Tanque lateral nº 4 estribor: 617,1 m³
- Tanque lateral nº 5 babor: 614,3 m³
- Tanque lateral nº 5 estribor: 590,9 m³
- Tanque lateral nº 6 babor: 599,1 m³
- Tanque lateral nº 6 estribor: 634,8 m³
- Pique de popa: 375,7 m³

Total: 8043,6 m³

Los espacios del casco alrededor de los tanques de carga son empleados como tanques de lastre a fin de optimizar la condición de calado, asiento y escora durante las diferentes condiciones de carga del buque. Los espacios destinados a los tanques de lastre se dividen en las secciones de babor/estribor.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 45

Los espacios de lastre se dividen en seis sets de tanques, a babor y estribor, que ocupan tanto el doble fondo como los costados del buque. Además dispone del tanque de pique de proa, que puede ser empleado para llevar lastre cuando sea requerido.

La capacidad total es de 8043,6 m³, aproximadamente 8244,69 tons cuando son llenados con agua de mar al 100% (densidad 1,025).

El proceso de lastrado/deslastrado se realiza mediante dos bombas de turbina verticales de una etapa, de 500 m³/h de capacidad. Las bombas son movidas por motores eléctricos, situados en la cubierta. El diseño de bomba vertical semi-sumergida consiste en una bomba vertical con un eje muy largo, de modo que la parte más voluminosa de la bomba (el motor eléctrico) se puede situar en la cubierta, mientras que el cabezal se encuentra en el doble fondo, facilitando la instalación en lugares con poco espacio y a la vez evitando las pérdidas de carga que causaría elevar el agua hasta la cubierta. Todos los tanques de la instalación se lastran y deslastran mediante estas dos bombas



Figura 23 – Motor eléctrico de la bomba, sobre la cubierta principal

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 46

El material de las tuberías del sistema de lastre es fibra de vidrio reforzado (GRP). Los diámetros varían dependiendo de la zona entre DN 250 y DN 300.

Los tanques de lastre de babor y estribor son servidos por su propia línea de lastre DN 300 (801-109-300 PS y 801-110-300 SB). El tanque de pique de proa es servido por la línea de lastre de babor. Estas dos tuberías principales corren a través de los tanques de lastre, mientras que en ellas se inserta una línea de aspiración/descarga de DN 250 en cada tanque. Estas conexiones disponen de una válvula de mariposa para poder aislar los tanques. Las líneas de lastre pueden ser comunicadas mediante una válvula de mariposa (801-17).

El buque dispone de dos tomas de mar específicas para el lastrado, una alta y otra baja.

Condiciones de trabajo:

- Temperatura: < 35°C.
- Presión de trabajo: 4 Bar.
- Presión de prueba: 6 Bar.

1.6 – Diseño de la nueva instalación:

Para el diseño de la nueva instalación hay que tener en cuenta que se deben cumplir las normas de los convenios SOLAS y MARPOL, así como las específicas de la Sociedad de Clasificación, que en este caso serán las del Bureau Veritas.

1.6.1 - Dimensionamiento de la planta de tratamiento

En la instalación hay dos bombas de agua de lastre, de 500 m³/h de caudal máximo cada una. A la hora de elegir el tipo de instalación se han barajado varias soluciones:

- Una instalación reducida independiente que emplease solo una planta de tratamiento para el sistema.
 - Ventajas: menor coste de instalación, menor espacio requerido.
 - Inconvenientes: mayor tiempo de tratamiento.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 47

- Una instalación en la que cada bomba lleve asociada una planta de tratamiento.
 - Inconvenientes: mayor coste y complejidad de la instalación, mayor espacio ocupado.
 - Ventajas: mayor versatilidad operativa, menor tiempo de proceso.

La opción escogida es la primera, que permite ahorrar costes en inversión inicial y mantenimiento.

En cuanto a la capacidad del sistema de tratamiento de lastre, hay que tener en cuenta las siguientes reglas del Reglamento de Clasificación de barcos de acero, parte C (Bureau Veritas, 2014):

- 7.4.1 Capacidad:
 - La capacidad aprobada del sistema de tratamiento de agua de lastre no debe ser menor del caudal que son capaces de enviar las bombas de lastre.

Por lo tanto, se instalará una sola planta de 500 m³/h de capacidad que tratará el agua bombeado por ambas bombas. De acuerdo con las especificaciones del fabricante, dicha planta estará formada fundamentalmente por:

- Un filtro de 50 micras
- Dos unidades AOT en paralelo
- Una unidad de limpieza (CIP)

1.6.2 – Localización

En cuanto a la localización del sistema de tratamiento de lastre, hay que tener en cuenta las siguientes reglas del Reglamento de Clasificación de barcos de acero:

- 5.4.1 Como regla general, las líneas de lastre y sentinas deben ser completamente independientes de cualquier otra línea que contenga carga líquida, aceite o combustible [...]
- 7.4.6 Normas adicionales para buques tanque:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 48

- En buques tanque, el equipo dedicado al tratamiento de agua de lastre de tanques localizados en la zona de carga no debe estar localizado en el espacio de máquinas

Así como la norma específica para buques petroleros y quimiqueros:

- 2.1.2 Independencia de los sistemas de tubería: Los sistemas de sentinas, lastre e imbornales que sirven espacios situados en la zona de carga:
 - Deben ser independientes de cualquier sistema que sirva espacios localizados fuera del área de carga.
 - No deben conducir fuera de la zona de carga.

Siguiendo estas normas tanto el Sistema de tratamiento de agua de lastre como la línea de tubería deben estar situados dentro de la zona de carga, lo que nos obliga a un rediseño casi total de la instalación.

Actualmente las bombas están situadas a mitad de la cubierta principal, con el motor eléctrico a la intemperie. En este punto no es posible instalar la planta de tratamiento, por lo que es necesario un espacio cerrado que cumpla con las condiciones de las salas de bombas en buques tanque. El lugar elegido es un espacio a proa de la habilitación, entre las cuadernas 36 y 40. En esa sala se encuentran las bombas de circulación de aceite térmico. Para poder instalar la planta suponemos que los equipos que estaban ocupándolo pueden ser trasladados a la parte de estribor, mientras que el sistema de lastre ocupará la parte de babor. Dado que este espacio ya existía, consideramos que cumple con la normativa en cuanto a ventilación y protección de las salas de bombas en buques tanque.

Para hacer posible el proceso de limpieza del equipo una vez finalizado el tratamiento, el fabricante indica que las unidades AOT deben situarse encima de la unidad CIP, de modo que se puedan drenar por gravedad. Esta condición nos obliga a ampliar el espacio elegido en sentido vertical, ampliando 1,3 metros la altura de la sala. También se añadirán dos lumbreras a la cubierta sobre la sala para permitir el desmontaje y mantenimiento de las bombas y los equipos.

1.6.3 – Diseño de la línea

En cuanto al sistema de tubería, tendremos en cuenta:

- 7.2.3 Tuberías de lastre que cruzan a través de tanques:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 49

- Deben tener espesor reforzado, y estar unidas por soldadura o por bridas reforzadas.
- Deben tener un número mínimo de uniones.
- Deben existir curvas de expansión, donde sea necesario.

Por lo tanto las líneas de tubería que se encuentran en el interior de los tanques serán de SCH80.

En cuanto a las válvulas de control remoto, serán controladas por accionamientos neumáticos, que podrán ser sumergibles cuando sea necesario. Igualmente cumplirán el Reglamento de Clasificación de barcos de acero:

- 7.2.4 b) Válvulas de control remoto:
 - Deben ser dispuestas de modo que cierren y permanezcan cerradas en caso de pérdida de control del actuador.
 - En caso de existir un medio accesible de actuación manual, la válvula deberá permanecer en la última posición antes de la pérdida de control.

De la instalación existente es utilizable desde el pasamamparos del tanque 5 al cuatro (cuaderna 77) hacia proa.

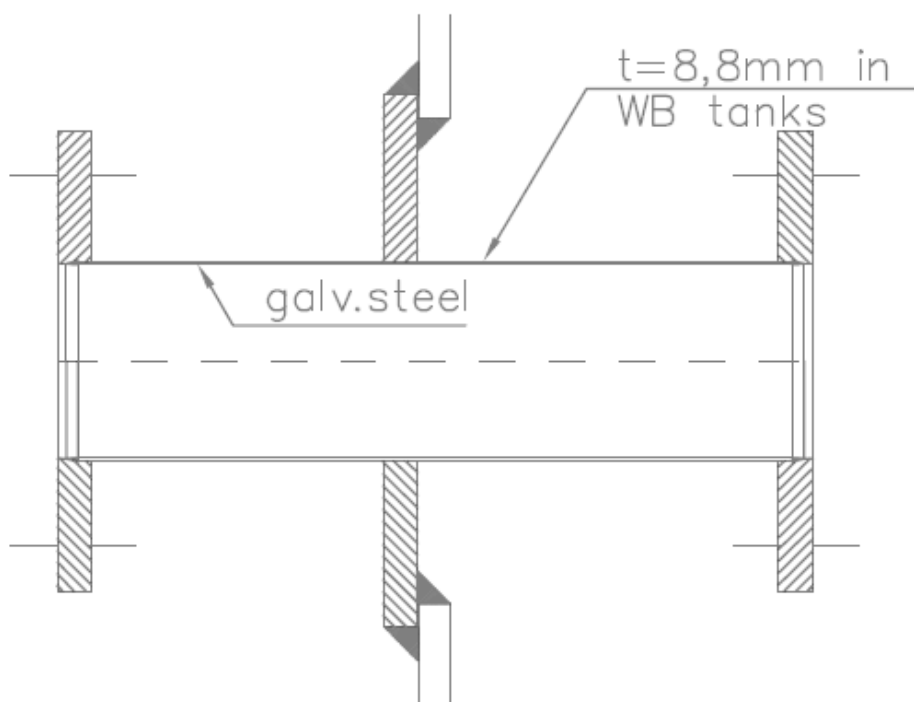


Figura 24 – Pasamamparos típicos entre tanques del doble fondo

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 50

El pasamamparos es de acero galvanizado y tiene una brida en cada tanque. En la brida de proa seguirá estando la tubería existente de GRP, mientras que en la de popa conectaremos la nueva línea de acero galvanizado.

Se dispondrá de un sistema de tubería según el Diagrama de flujo de la sección de planos que permite las siguientes operaciones:

- Lastrado de todos los tanques, utilizando una o las dos bombas, tratando el agua en la planta.
- Lastrado de todos los tanques, utilizando una o las dos bombas, sin tratar el agua en la planta.
- Deslastrado de todos los tanques, utilizando una o las dos bombas, tratando el agua en la planta.
- Deslastrado de todos los tanques, utilizando una o las dos bombas, sin tratar el agua en la planta.

Otras líneas de tubería que se instalarán:

- Del filtro a sentinas DN40 (Descarga por gravedad).
- Del filtro a la descarga de babor DN 80 (Descarga por gravedad).
- Refrigeración de agua salada a las unidades AOT (Usando las bombas de circulación de agua salada existentes).
- Agua dulce sanitaria de cámara de máquinas al filtro (Usando las bombas de circulación de agua dulce existentes).

1.6.4 – Dimensionamiento de la bomba

Como hemos dicho anteriormente, el proceso de lastrado y deslastrado se realiza mediante dos bombas de turbina verticales de una etapa, de 500 m³/h de capacidad. El motor eléctrico está situado en la cubierta mientras que el cabezal se encuentra sumergido en el tanque.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 51

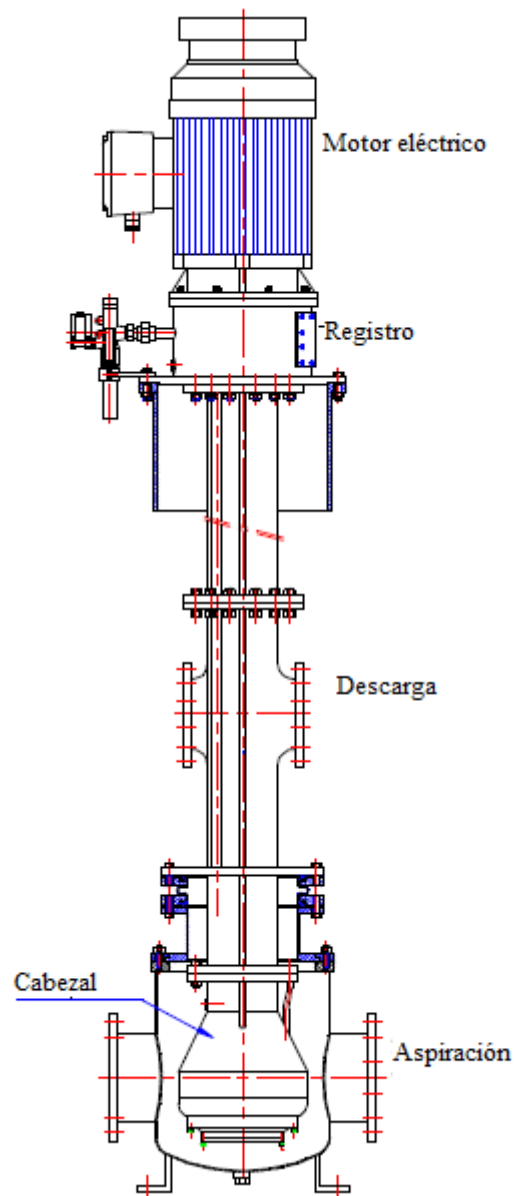


Figura 25 – Bomba vertical (Fuente: Marflex Pumps)

Para llevar a cabo el dimensionamiento de la bomba hay que calcular primero las pérdidas de carga en la línea, y después calcular la altura de la bomba necesaria mediante la ecuación de la energía (Ver sección de cálculos).

El proceso que he seguido es el siguiente:

1. Crear un modelo en 3D del barco usando Autocad.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 52

2. Dibujar la isométrica de la línea, según el Diagrama de flujo.
3. Obtener de la isométrica los datos de longitud, número de codos, tes y accesorios de las líneas y realizar los cálculos.

Para el modelo he utilizado las dimensiones de las bombas existentes. Teniendo en cuenta el cambio en el diseño de la instalación, que obliga a bombear el agua hasta la planta de tratamiento en la cubierta principal con el coste energético que ello supone, parece claro que estas bombas no tendrán potencia suficiente. Ante este problema tenemos tres opciones:

- Sustituir las dos bombas por otras más potentes que cumplan el requisito.
- Instalar otra bomba en serie que de la altura extra que necesita la instalación.
- Añadir una etapa a la bomba, es decir, añadir otro rodete a la misma carcasa que funciona como una bomba en serie sumándose las alturas.

Muchos modelos de bombas verticales de este tipo están diseñadas para funcionar con varias etapas. Esta opción es la escogida por ser más económica. Mediante el cálculo de la altura necesaria (Ver sección cálculos) obtenemos que necesitaremos añadir una etapa a las bombas.

Por lo tanto, las bombas de la instalación final son dos bombas de pozo verticales de dos etapas.

1.6.5 Instalación eléctrica:

El consumo de la planta de tratamiento que se pretende instalar es como máximo de 63kW por cada Wallenius AOT y 6kW el sistema de control. La potencia consumida es:

$$(63 \times 2) + 6 = \mathbf{132 \text{ kW}}$$

La planta eléctrica generadora consta de:

- Un generador de cola STAMFORD HCM 734 G-2 que genera 1300 kW.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: ME-10.1.6	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 53

- Cuatro motores auxiliares VOLVO PENTA TAMD162C que generan 390 kW cada uno, a 1800 rpm.

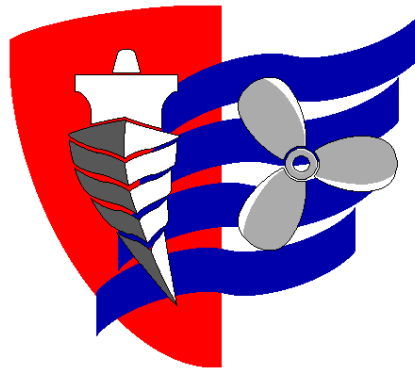
El total de la planta generadora eléctrica es:

$$1300 + 1560 = \mathbf{2860 \text{ kW}}$$

El equipo de tratamiento supone por tanto el 5% de la capacidad de la planta generadora, consumo que se producirá sólo puntualmente durante las operaciones de lastre y deslastre. Suponemos que la potencia de la planta generadora es suficiente para alimentar la planta de tratamiento y las bombas de lastre durante las operaciones, a la vez que mantiene en funcionamiento los demás servicios esenciales del buque.

La instalación eléctrica se realizará siguiendo las instrucciones del fabricante y la normativa que aparece en el Pliego de Condiciones.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CUADERNO 2

CÁLCULOS

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 55

Para los cálculos he utilizado el método descrito en el libro “Mecánica de fluidos” de Robert L. Mott. Dado que el dimensionamiento de la tubería viene determinado por las conexiones de la planta de tratamiento y por la parte utilizable la instalación existente, y la posición de las descargas, la toma de mar y las bombas está limitada por las dimensiones y diseño del buque, los cálculos estarán encaminados en determinar la potencia que deberán entregar la bombas para permitir el correcto funcionamiento de la instalación.

En primer lugar voy a calcular la energía que la bomba tiene que añadir al sistema para vencer las pérdidas debidas a la fricción en la tubería. Después pasaré a calcular la energía necesaria para producir el flujo del agua de lastre por el sistema de forma adecuada.

Para ello he seleccionado las condiciones más desfavorables tanto para el lastrado como para el deslastrado. Estas son:

- A. Lastrado del pique de proa con la bomba de babor (la más lejana a la toma de mar), tratando el agua en la planta: X001, X002, X008, X025, X050, X026, X027, X029, X031, X032, X046, X014, X049 según su referencia en el diagrama de flujo (Ver sección de planos).
- B. Deslastrado del pique de proa con la bomba de babor, tratando el agua en la planta y descargando por estribor: X049, X014, X054, X003, X006, X008, X025, X050, X026, X027, X029, X031, X051, X045, X044, X034 según su referencia en el diagrama de flujo.

2.1 - Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

En una conducción de agua se producen pérdidas de energía a lo largo del recorrido por diversos motivos:

- **Fricción del fluido:** Un fluido en movimiento presenta resistencia por rozamiento al fluir. Parte de la energía del sistema se convierte en energía térmica, que se disipa a través de las paredes del tubo. La magnitud de la energía que se pierde depende de las propiedades del fluido, velocidad del flujo, tamaño de la tubería, acabado de la pared de la tubería y longitud de la misma.
- **Válvulas y accesorios:** Los elementos que controlan la dirección y el flujo volumétrico generan turbulencias locales en éste, lo que también ocasiona disipación de energía en forma de calor. Encontramos

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 56

pérdidas de este tipo siempre que haya cambios en la velocidad o dirección del flujo: Válvulas, codos, filtros, reducciones...

Gracias a la isométrica tengo una idea exacta tanto de la longitud y diámetros de los tubos como de la cantidad de accesorios (Codos, tes, reducciones, válvulas...) instalados en cada una de las líneas sobre las que voy a realizar los cálculos.

El primer paso para el cálculo de las pérdidas por fricción es determinar si el flujo en la línea es laminar o turbulento, mediante el número de Reynolds:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta}$$

N_R = Número de Reynolds (Adimensional)

v = Velocidad promedio del flujo (m/s)

D = Diámetro del tubo (m)

η = Viscosidad del fluido

ρ = Densidad del fluido

ν = Viscosidad cinemática (m²/s) = η/ρ

El diámetro del tubo es un dato conocido. La viscosidad cinemática del agua de mar varía ligeramente en función de la salinidad y la temperatura, para este cálculo utilizaremos un valor de $1,17 \cdot 10^{-6}$ m²/s. La velocidad promedio del flujo la calcularemos a partir del caudal volumétrico. Utilizaremos el caudal máximo que permite la planta: 500m³/h = 0,139 m³/s.

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

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$N_R = \frac{4 \times 0,139}{\pi D \times 1,17 \times 10^{-6}}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 57

En la que la única variable es el diámetro del tubo y que nos permite calcular el número de Reynolds en todas las secciones de tubería de forma fácil mediante una hoja de cálculo:

REFERENCIA	N _R
X001	336315,411
X002	605367,739
X008	605367,739
X025	605367,739
X050	605367,739
X026	605367,739
X027	1008946,23
X029	1008946,23
X031	605367,739
X032	605367,739
X046	605367,739
X014	504473,116
X049	605367,739

Tabla 5 - N° de Reynolds en línea de lastre

REFERENCIA	N _R
X049	605367,739
X014	504473,116
X054	605367,739
X003	605367,739
X006	605367,739
X008	605367,739
X025	605367,739
X050	605367,739
X026	605367,739
X027	1008946,23
X029	1008946,23
X031	605367,739

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 58

X051	605367,739
X045	605367,739
X044	605367,739
X034	605367,739

Tabla 6 - N° de Reynolds en línea de deslastre

Un flujo se considera turbulento por encima de $N_R = 4000$, valor que se supera con creces en todas las secciones, por lo que podemos considerar que el flujo es turbulento en toda la línea.

La pérdida de energía por fricción con las paredes del tubo la calculamos mediante la ecuación de Darcy:

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

h_L = Pérdida de energía debido a la fricción (m)

L = Longitud de la corriente del flujo (m)

D = Diámetro de tubería (m)

v = Velocidad promedio del flujo (m/s)

f = Factor de fricción (adimensional)

En régimen turbulento el factor de fricción f depende de otras dos cantidades adimensionales: el número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería. La rugosidad relativa es la relación entre el D de la tubería y su rugosidad promedio ε . Utilizaremos los valores de ε que el libro de referencia (*Mecánica de fluidos* de Robert L. Mott) nos da tabulados en función del material del tubo. En el sistema tenemos tubos de acero galvanizado (instalación nueva) combinados con tubos de GRP (parte utilizable del sistema: X014 y X049):

- Acero: $\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5}$ m
- Plástico: $\varepsilon = 3 \times 10^{-7}$ m

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 59

Para obtener f tenemos dos opciones: mediante el Diagrama de Moody o mediante la fórmula de Swamee y Jain:

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(D/\epsilon)} + \frac{5,74}{N_R^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Escojo la segunda opción ya que me permite resolverlo de forma automática en la hoja de cálculo.

Referencia	Diámetro (m)	Nº Reynolds	ϵ	f
X001	0,45	336315,4	4,60E-05	0,01522
X002	0,25	605367,7	4,60E-05	0,01511
X008	0,25	605367,7	4,60E-05	0,01511
X025	0,25	605367,7	4,60E-05	0,01511
X050	0,25	605367,7	4,60E-05	0,01511
X026	0,25	605367,7	4,60E-05	0,01511
X027	0,15	1008946	4,60E-05	0,01581
X029	0,15	1008946	4,60E-05	0,01581
X031	0,25	605367,7	4,60E-05	0,01511
X032	0,25	605367,7	4,60E-05	0,01511
X046	0,25	605367,7	4,60E-05	0,01511
X014	0,3	504473,1	3,00E-07	0,01309
X049	0,25	605367,7	3,00E-07	0,01268

Tabla 7 - Factor de fricción en línea de lastre

Referencia	Diámetro (m)	Nº Reynolds	ϵ	f
X049	0,25	605367,739	3 E-07	0,01268
X014	0,3	504473,116	3 E-07	0,01309
X054	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X003	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X006	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X008	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X025	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 60

X050	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X026	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X027	0,15	1008946,23	4,60E-05	0,01581
X029	0,15	1008946,23	4,60E-05	0,01581
X031	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X051	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X045	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X044	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511
X034	0,25	605367,739	4,60E-05	0,01511

Tabla 8 - Factor de fricción en línea de deslastre

Con esto ya tenemos todos los datos necesarios para calcular la pérdida de energía por fricción en la tubería (h_L) mediante la fórmula anteriormente expuesta:

Referencia	L (m)	D (m)	v (m/s)	f	h_L (m)
X001	12,465	0,45	0,8737	0,01522	0,0164
X002	1,406	0,25	2,8309	0,01511	0,0347
X008	2,5	0,25	2,8309	0,01511	0,0618
X025	10,81	0,25	2,8309	0,01511	0,2672
X050	0,514	0,25	2,8309	0,01511	0,0127
X026	1,377	0,25	2,8309	0,01511	0,0340
X027	2,694	0,15	7,8635	0,01581	0,8958
X029	0,6	0,15	7,8635	0,01581	0,1995
X031	14,352	0,25	2,8309	0,01511	0,3547
X032	2,439	0,25	2,8309	0,01511	0,0603
X046	31,793	0,25	2,8309	0,01511	0,7857
X014	64,335	0,3	1,9659	0,01309	0,5533
X049	6,426	0,25	2,8309	0,01268	0,1332

Tabla 9 - Pérdida de energía por fricción en la línea de lastrado expresada en m.c.a.

Referencia	L (m)	D (m)	v (m/s)	f	h_L (m)
------------	-------	-------	---------	---	-----------

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 61

X049	6,426	0,25	2,8309	0,01268	0,1332
X014	64,335	0,3	1,9659	0,01309	0,5533
X054	31,793	0,25	2,8309	0,01511	0,7857
X003	8,695	0,25	2,8309	0,01511	0,2149
X006	2,026	0,25	2,8309	0,01511	0,0501
X008	2,5	0,25	2,8309	0,01511	0,0618
X025	10,81	0,25	2,8309	0,01511	0,2672
X050	0,514	0,25	2,8309	0,01511	0,0127
X026	1,377	0,25	2,8309	0,01511	0,0340
X027	2,694	0,15	7,8635	0,01581	0,8958
X029	0,6	0,15	7,8635	0,01581	0,1995
X031	14,352	0,25	2,8309	0,01511	0,3547
X051	0,352	0,25	2,8309	0,01511	0,0087
X045	4,26	0,25	2,8309	0,01511	0,1053
X044	1,53	0,25	2,8309	0,01511	0,0378
X034	17,219	0,25	2,8309	0,01511	0,4256

Tabla 10 - Pérdida de energía por fricción en la línea de lastrado expresada en m.c.a.

Por lo tanto la energía perdida por fricción total en la línea en cada caso es:

A. Lastrado: 3,4094 m

B. Deslastrado: 4,1403 m

El siguiente paso es calcular las pérdidas de energía menores o pérdidas de energía por accesorios. Estas pérdidas son proporcionales a la carga de velocidad del fluido que pasa por el accesorio. Cada accesorio tiene un coeficiente K, obtenido experimentalmente, que es función de su geometría y en ocasiones de la velocidad del fluido. La fórmula para calcular estas pérdidas es la siguiente:

$$h_L = K \left(v^2 / 2g \right)$$

A continuación detallo el método seguido para calcular el coeficiente de cada elemento, según las instrucciones del libro de referencia:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 62

- **Pérdida en la salida:** Conforme el fluido pasa de una tubería a un depósito o tanque grande su velocidad disminuye hasta casi cero. En el proceso se disipa la energía cinética que el fluido tenía en la tubería. El valor de K en este caso, sin que importe la forma o el lugar de la salida del tubo es **$K = 1$** .
- **Expansión gradual:** La turbulencia que se produce en una expansión cónica, y su consiguiente pérdida de energía, es función del ángulo del cono y de la relación de diámetros. Los valores de k están tabulados en función de estas variables. Usaremos la velocidad en el tubo de diámetro más pequeño. Las expansiones que existen en nuestro sistema son de 250/300 y de 200/250 (Relación de diámetro 1,2 y 1,25), y el ángulo del cono de 30°. Con estas condiciones el coeficiente **$K = 0,36$** .
- **Reducción gradual:** Esta pérdida de energía es función del ángulo del cono y la relación de diámetros. El coeficiente K se obtiene entrando en una gráfica. Al igual que el caso anterior, las contracciones que nos vamos a encontrar son de 250/300 y de 200/250 (Relación de diámetro 1,2 y 1,25), y el ángulo del cono de 30°. Con estas condiciones la gráfica nos da un coeficiente **$K = 0.03$** .
- **Pérdida en la entrada:** Tanto en la aspiración de la toma de mar como en la del tanque de lastre se produce una pérdida, debido a que el fluido debe acelerar desde una velocidad despreciable hasta la velocidad de flujo de la tubería. El valor de K depende de la configuración de la aspiración. En este caso será una entrada achaflanada, con un coeficiente **$K = 0,25$** .
- **Pérdidas en válvulas y acoplamientos:** En el caso de válvulas, codos y tes el coeficiente K se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$K = (L_e/D)f_T$$

El valor de L_e/D , llamado relación de longitud equivalente está tabulado y se considera constante para cada elemento. El término f_T es el factor de fricción en la tubería a la que está conectada la válvula.

Tipo	L_e/D
Válvula de compuerta abierta por completo	8

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 63

Válvula de mariposa abierta por completo	
DN50 a DN200	45
DN250 a DN350	35
DN400 a DN600	25
Válvula antiretorno	100
Codo a 90° de radio largo	20
Té estándar con flujo directo	20
Té estándar con flujo en el ramal	60

Tabla 11 – Coeficiente K para los accesorios existentes en la instalación

Para el valor del factor de fricción f_T en el mismo libro encontramos una tabla con valores en función del diámetro de la tubería que podemos usar para este cálculo:

DN	f_T
250	0,014
300	0,013
450	0,012

Tabla 12 – Factor de fricción en función del diámetro

- **Pérdidas en la planta de tratamiento:** Según el fabricante la caída máxima de presión en los reactores es 0,5 bar, esto equivale a $h_L = 5,1 \text{ m.c.a.}$

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 64

Con este método, procedo al cálculo de las pérdidas de carga por accesorios en la línea durante el lastrado:

ELEMENTO	DN	L/D	f _r	K	v (m/s)	h _L (m)
Entrada toma de mar	450			0,25	0,874	0,010
Válvula Mariposa DN450	450	25	0,012	0,3	0,874	0,012
Te (flujo ramal)	450	60	0,012	0,72	0,874	0,028
Válvula Mariposa DN450	450	25	0,012	0,3	0,874	0,012
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Reducción 250/200	200			0,03	4,423	0,030
BOMBA						
Expansión 200/250	200			0,36	4,423	0,359
Válvula antiretorno	250	100	0,014	1,4	2,831	0,572
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
PLANTA DE TRATAMIENTO						5,100
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Expansión 250/300	250			0,36	2,831	0,147

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 65

Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Válvula Mariposa DN300	300	35	0,013	0,455	1,966	0,090
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Válvula Compuerta	250	8	0,014	0,112	2,831	0,046
Salida a tanque	250			1	2,831	0,409
						11,621

Tabla 13 – Pérdida de carga por accesorios en la línea de lastre

Por lo tanto la pérdida por accesorios en la línea de lastrado es $h_L = 11,621$ m.

Calculo las pérdidas durante el deslastrado con el mismo método:

ELEMENTO	DN	L/D	f_T	K	v (m/s)	h_L (m)
Entrada tanque	450			0,25	0,874	0,010
Válvula Compuerta	250	8	0,014	0,112	2,831	0,046
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Válvula Mariposa DN300	300	35	0,013	0,455	1,966	0,090
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Te (flujo directo)	300	20	0,013	0,26	1,966	0,051
Reducción 300/250	250			0,03	2,831	0,012
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 66

Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Reducción 300/250	250			0,03	2,831	0,012
BOMBA						
Expansión 200/250	200			0,36	4,423	0,359
Válvula antiretorno	250	100	0,014	1,4	2,831	0,572
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
PLANTA DE TRATAMIENTO						5,100
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Te (flujo ramal)	250	60	0,014	0,84	2,831	0,343
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Codo	250	20	0,014	0,28	2,831	0,114
Válvula antiretorno	250	100	0,014	1,4	2,831	0,572
Válvula Mariposa DN250	250	35	0,014	0,49	2,831	0,200
Salida a descarga	250			1	2,831	0,409
						13,421

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.1	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 67

Tabla 14 - Pérdida de carga por accesorios en la línea de deslastre

Por tanto la pérdida por accesorios en la línea de deslastre es $h_L = 13,421$ m.

Con estos datos, paso a calcular la altura que tiene que entregar la bomba (h_{Bomba}) en cada uno de los dos casos.

2.2 - Altura de la bomba necesaria durante el lastre:

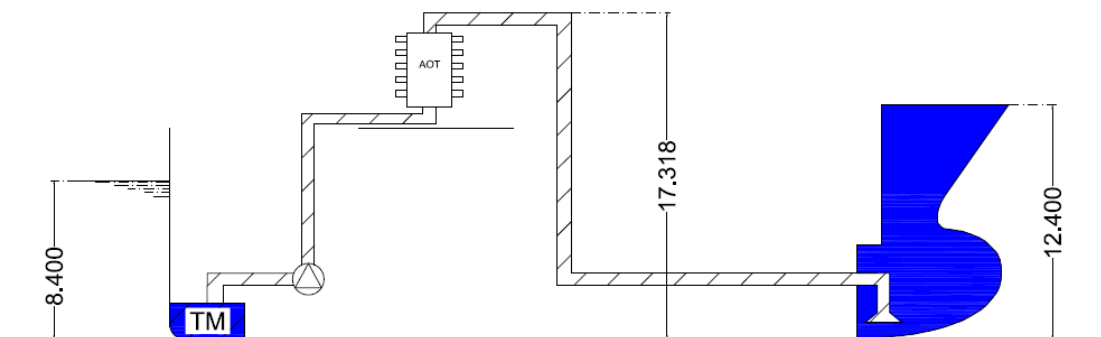


Figura 26 - Esquema de la línea de deslastre

En la figura podemos ver un esquema de la línea con los puntos de interés para el cálculo. Estos son:

- A. Toma de mar
- B. Descarga de la planta de tratamiento
- C. Cota más alta del pique de proa

Como vemos el punto más alto de la instalación es la salida de la planta de tratamiento. Por lo tanto calcularé la altura de la bomba necesaria para llevar el agua de lastre desde la toma de mar (Punto A) hasta la descarga de la planta de tratamiento (Punto B).

Las pérdidas en cada tramo de la línea son:

- Tramo de A a B:
 - Por fricción: 1,87 m
 - Por accesorios: 8,64 m

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 68

- **TOTAL: 10,51 m**
- Tramo de B a C:
 - Por fricción: 1,53 m
 - Por accesorios: 2,98 m
 - **TOTAL: 4,51 m**

Si planteamos la ecuación de la energía entre A y B:

$$\frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2g} - h_L + h_{Bomba} = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2g}$$

P = Presión (Pa)

γ = Peso específico (N/m³)

z = Cota de altura (m)

v = Velocidad (m/s)

h_L = Pérdidas de carga en la tubería (m)

h_{Bomba} = Altura de la bomba (m)

Consideramos que la toma de mar está en la cota cero. La velocidad del agua en la toma de mar, al ser una masa de agua grande, es igualmente cero. Si eliminamos de la ecuación estos dos términos y despejamos h_{Bomba} :

$$h_{Bomba} = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2g} - \frac{P_A}{\gamma} + h_L$$

La presión en la toma de mar P_A es la presión hidrostática producida por la columna de agua que existe sobre este punto. Para todos los cálculos vamos a utilizar el calado de proyecto: 8,4 m.

$$P_A = \gamma \times h_{Columna\ de\ agua} = 10045 \times 8,4 = 84378\ Pa$$

Según el fabricante la presión mínima en la planta de tratamiento debe ser de 2 bar. Teniendo en cuenta que hay una caída de 0,5 bar entre la admisión y la descarga de la planta, la $P_B = 1,5\ bar = 150000\ Pa$.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 69

La velocidad en el punto B para un flujo de 500m^3 ya la hemos calculado para las pérdidas de carga: $v_B = 2,83\text{ m/s}$. La cota de B la conocemos gracias a la isométrica del sistema; $z_B = 17,318\text{ m}$.

Con estos datos ya podemos calcular la altura de la bomba:

$$h_{Bomba} = \frac{1,5 \times 10^5}{10045} + 17,318 + \frac{2,83^2}{2 \times 9,8} - 8,4 + 10,51 = 38,44\text{ m}$$

Una vez vencida esta altura, para que el flujo consiga llenar el tanque de proa sólo es necesario que se cumpla: $z_B \geq z_C + h_L$. En este caso

$$z_B = 17,318\text{ m}$$

$$z_C + h_L = 4,51 + 12,4 = 16,91\text{ m}$$

Por lo que la condición se cumple.

2.3 - Altura de la bomba necesaria durante el deslastre:

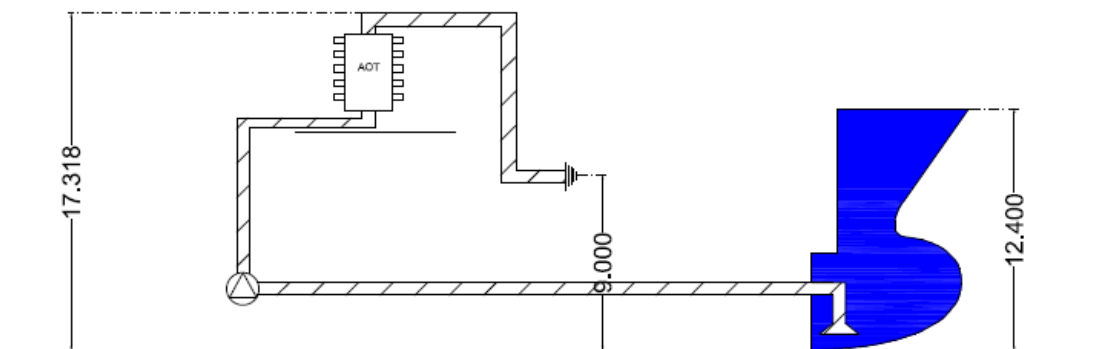


Figura 27 – Esquema de la línea de deslastre

En la figura podemos ver un esquema de la línea con los puntos de interés para el cálculo. Estos son:

- A. Cota más baja del tanque de proa
- B. Descarga de la planta de tratamiento
- C. Descarga al mar

Como vemos el punto más alto de la instalación es de nuevo la salida de la planta de tratamiento. Por lo tanto calcularé la altura de la bomba necesaria

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 70

para llevar el agua de lastre desde el fondo del tanque, cuando no hay columna de agua sobre él (Punto A), hasta la descarga de la planta de tratamiento (Punto B).

Las pérdidas en cada tramo de la línea son:

- Tramo de A a B:
 - Por fricción: 3,56 m
 - Por accesorios: 9,98 m
 - **TOTAL: 13,54 m**
- Tramo de B a C:
 - Por fricción: 0,58 m
 - Por accesorios: 3,44 m
 - **TOTAL: 4,02 m**

Si planteamos la ecuación de la energía entre A y B:

$$\frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2g} - h_L + h_{Bomba} = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2g}$$

P = Presión (Pa)

γ = Peso específico (N/m³)

z = Cota de altura (m)

v = Velocidad (m/s)

h_L = Pérdidas de carga en la tubería (m)

h_{Bomba} = Altura de la bomba (m)

La presión en el fondo del tanque cuando está casi vacío y no tiene columna de agua sobre él (condición más desfavorable) es $P_A = 0$. Igualmente consideramos el fondo del tanque como la línea base $z_A = 0$. La velocidad en la superficie también es igual a cero.

Para el cálculo anterior ya obtuvimos:

- $P_B = 1,5 \text{ bar} = 150000 \text{ Pa}$.
- $v_B = 2,83 \text{ m/s}$
- $z_B = 17,318 \text{ m}$

Con estos datos ya podemos calcular la altura de la bomba:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: CA-20.2.4	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 71

$$h_{Bomba} = \frac{1,5 \times 10^5}{10045} + 17,318 + \frac{2,83^2}{2 \times 9,8} + 13,543 = 46,2 \text{ m}$$

El supuesto B (Deslastrado del pique de proa) es el más desfavorable con una altura de 46,2 m a 500 m³/h, por lo tanto serán estos parámetros los que marquen la elección de la bomba.

2.4 – Dimensionamiento de la bomba

Las curvas de las bombas monoetapa que teníamos instaladas son las siguientes:

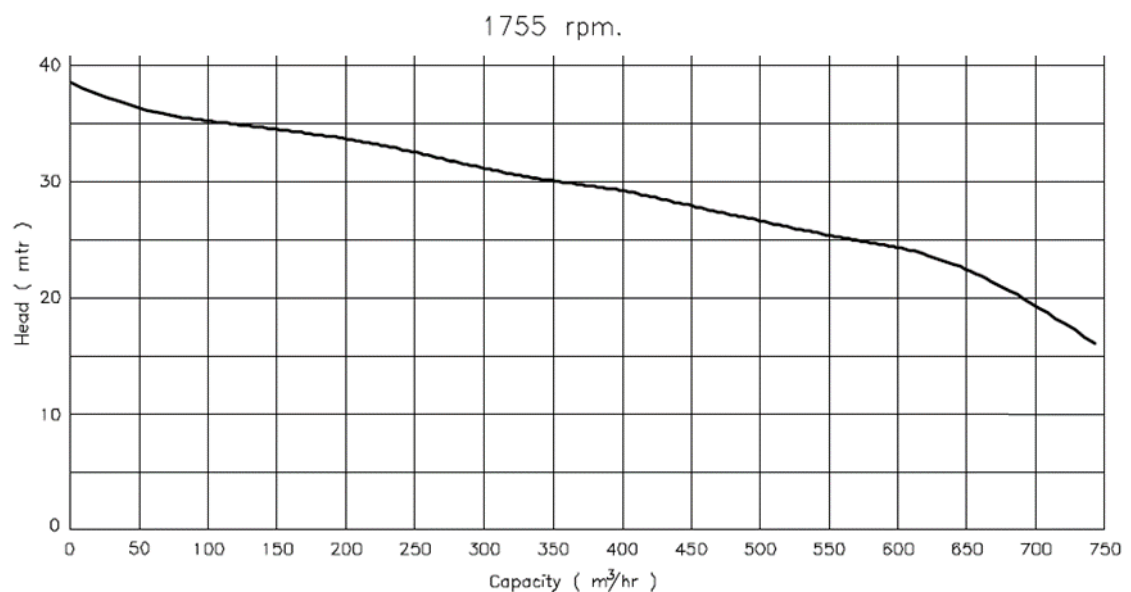


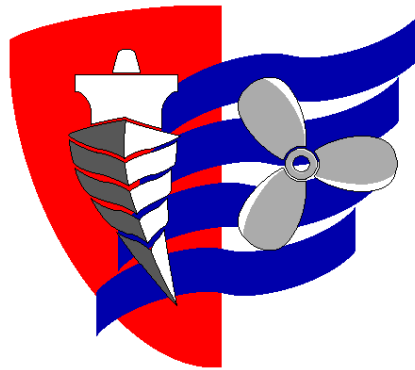
Figura 28 – Curva Altura/Caudal de la bomba

De la primera gráfica obtenemos que la altura máxima de la bomba para un caudal de 500 m³/h es de 27 m. Por lo tanto necesitaremos añadir etapas:

$$N^{\circ} \text{ de etapas} = \frac{46,2}{27} = 1,71$$

Añadiendo una etapa conseguimos un máximo de 54 m de altura a 500 m³/h, con lo que la bomba estaría dentro del rango que necesitamos. Por lo tanto añadiremos una etapa a cada bomba.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CUADERNO 3
PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 74

La finalidad del pliego de condiciones será dar las especificaciones técnicas, administrativas y legales para que el objeto del proyecto pueda llevarse a cabo en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones erróneas.

3.1 Requerimientos generales:

1º) El objetivo del proyecto es dotar a un buque gasero de una planta de tratamiento de aguas de lastre de modo que el buque cumpla con el Convenio Internacional de Agua de Lastre (BWM-2004).

2º) El sistema no debe interferir en el régimen operativo y de explotación comercial del buque.

3º) El proyecto se realizará bajo las siguientes normas:

- Reglamento de Reconocimiento de Buques y Embarcaciones Mercantes (Decreto 3384/1971, de 28 de octubre, BOE Nº 64 de 15 marzo 1972)
- Convenio Internacional de Agua de Lastre (BWM-2004)
- Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en la mar SOLAS 1974, enmendado
- Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques MARPOL 73/78, enmendado
- Reglamento de la Sociedad de Clasificación "Bureau Veritas"
- Código de estabilidad sin avería para todos los buques recogidos por los instrumentos de la OMI.
- Convenio sobre la Seguridad en Contenedores (1977).
- Resolución A.708 (17), Visibilidad desde el puente de navegación.
- Código IMDG.
- Código de prácticas de seguridad para la estiba y sujeción de la carga en la Res .OMI A. 714.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 75

- Código de Prácticas de seguridad para el trincaje y estiba de la carga (CSS).

3.2 Requerimientos específicos:

Sistema de gestión de agua de lastre:

El sistema instalado debe alcanzar los requisitos de rendimiento marcados por la regla D-2 de su Anexo (*norma de eficacia de la gestión del agua de lastre*):

- *“Los buques que efectúen la gestión del agua de lastre conforme a lo dispuesto en la presente regla descargarán menos de 10 organismos viables por metro cúbico cuyo tamaño mínimo sea igual o superior a 50 micras y menos de 10 organismos viables por mililitro cuyo tamaño mínimo sea inferior a 50 micras y superior a 10 micras; y la descarga de los microbios indicadores no excederá de las concentraciones especificadas en el párrafo 2”.*
- *“Los microbios indicadores, a efectos de la salud de los seres humanos, comprenderán los siguientes organismos:”*
 - a. *Vibrio cholerae toxicogeno (O1 y O139): menos de 1 unidad formadora de colonias (ufc) por 100 mililitros o menos de 1 ufc por gramo (peso humedo) de muestras de zooplancton;*
 - b. *Escherichia coli: menos de 250 ufc por 100 mililitros;*
 - c. *Enterococos intestinales: menos de 100 ufc por 100 mililitros.”*

Además, el sistema instalado a bordo deberá cumplir con la Regla D-3

(*Prescripciones relativas a la aprobación de los sistemas de gestión del agua de Lastre*):

- *“Excepto por lo especificado en el párrafo 2, los sistemas de gestión del agua de lastre utilizados para cumplir lo dispuesto en el presente Convenio estarán aprobados por la Administración de conformidad con las Directrices elaboradas por la Organización.*

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 76

- *Los sistemas de gestión del agua de lastre en los que se utilicen sustancias activas o preparadas que contengan una o varias sustancias activas para cumplir lo dispuesto en el presente Convenio deberán ser aprobados por la Organización con arreglo a un procedimiento elaborado por la propia Organización. Este procedimiento incluirá tanto la aprobación de sustancias activas como la revocación de dicha aprobación y la forma de aplicación prevista para tales sustancias. En los casos en que se revoque una aprobación, el uso de la sustancia o sustancias activas en cuestión quedara prohibido en el plazo de un año a contar desde la fecha de dicha revocación.*
- *Los sistemas de gestión del agua de lastre utilizados para cumplir lo dispuesto en el presente Convenio deberán ser seguros para el buque, su equipo y su tripulación.”*

Por lo tanto, el sistema a instalar a bordo debe:

- Antes de su puesta en venta es necesario la aprobación por parte de la OMI, la cual otorga tres certificados, siendo necesario la posesión de las tres para su homologación.
- Poseer una aprobación de tipo de la Administración.
- Ser seguro para el buque, su equipo y su tripulación.

Sistema de agua de lastre:

1ª) El sistema de agua de lastre, tras la instalación, debe mantener el régimen inicial de diseño, siendo capaz de realizar las funciones de lastrado y deslastrado pese a las pérdidas de carga introducidas por el sistema.

2ª) Las bombas de lastre empleadas deberán estar aprobadas por la Sociedad de Clasificación correspondiente.

3ª) Las tuberías empleadas deberán estar a aprobadas por la Sociedad de Clasificación. Además, si son de tipo plástico reforzado, deberán estar aprobadas según la Resolución OMI A.753 (18) “*Directrices para la instalación de tuberías de plástico en los buques.*”

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 77

4ª) La instalación y prueba del circuito se realizará siguiendo las normas de la Sociedad de Clasificación.

La Administración Marítima Española, en especial los Artículos 2-07 “Pruebas a presión hidráulica” del Reglamento, marca unas presiones de prueba hidráulica de tuberías, válvulas y bombas de 2 veces la presión máxima de servicio, siendo ésta la presión máxima que puede producir la bomba con la descarga cerrada y a su máxima velocidad de funcionamiento.

5ª) Además, una vez realizado el montaje, se realizará una prueba hidráulica durante 2 horas al menos a 1,5 veces la presión máxima de servicio, verificándose la ausencia de fugas.

Instalación eléctrica del buque:

1º) La instalación eléctrica del buque debe cumplir con los requerimientos del Capítulo II-1 del Convenio SOLAS 74 , enmendado, tras la instalación del sistema, especialmente la Regla II-1/40 y la Regla II-1/41, que a continuación se transcriben:

“Regla 40 Generalidades”

“Las instalaciones eléctricas serán tales que queden garantizados:”

.1 todos los servicios eléctricos auxiliares que sean necesarios para mantener el buque en condiciones normales de funcionamiento y habitabilidad sin necesidad de recurrir a la fuente de energía eléctrica de emergencia;

.2 los servicios eléctricos esenciales para la seguridad en las diversas situaciones de emergencia; y

.3 la seguridad de los pasajeros, de la tripulación y del buque frente a riesgos de naturaleza eléctrica.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 78

2º) La Administración tomara las medidas apropiadas para que haya uniformidad en la implantación y la aplicación de lo dispuesto en la presente parte respecto de las instalaciones eléctricas¹.

“Regla 41 Fuente de energía eléctrica principal y red de alumbrado”

- 1.1 Se proveerá una fuente de energía eléctrica principal con capacidad suficiente para alimentar todos los servicios mencionados en la Regla 40.1.1. Esta fuente de energía eléctrica principal estará constituida por dos grupos electrógenos cuando menos.
- 1.2 La capacidad de estos grupos electrógenos será tal que aunque uno cualquiera de ellos se pare sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad. Habrá que asegurar también las condiciones mínimas de habitabilidad que hacen confortable el buque, lo cual supone al menos servicios adecuados de cocina, calefacción, refrigeración de carácter doméstico, ventilación mecánica, agua para las instalaciones sanitarias y agua dulce.
- 1.3 La disposición de la fuente de energía eléctrica principal del buque será tal que permita mantener los servicios a que se hace referencia en la Regla 40.1.1, sean cuales fueren la velocidad y el sentido de rotación de las máquinas propulsoras o de los ejes principales.
- 1.4 Además, los grupos electrógenos serán tales que aun cuando deje de funcionar uno cualquiera de ellos o su fuente primaria de energía, los grupos electrógenos restantes puedan proveer los servicios eléctricos necesarios para el arranque de la planta propulsora principal partiendo de la condición de buque apagado. Cabrá utilizar la fuente de energía eléctrica de emergencia para el arranque, partiendo de la condición de buque apagado, si dicha fuente puede, sola o en combinación con cualquier otra fuente de energía eléctrica, proveer simultáneamente los servicios prescritos en las Reglas 42.2.1 a 42.2.3 o 43.2.1 a 43.2.4...”

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 79

Esto implica que cualquier consumo energético adicional debe ser valorado, a través de la realización del balance eléctrico del buque garantizándose mediante la instalación de grupos generadores adicionales, si es necesario, que:

- 1) Que la producción energética es suficiente para todas las condiciones de servicio del buque tras la instalación del sistema sin que se ponga en riesgo el servicio a los sistemas esenciales del buque (Regla 41).
- 2) Que, en el caso de que deje de funcionar uno cualquiera de los grupos electrógenos, el resto es suficiente para mantener el consumo del buque en cualquier condición de servicio (carga, descarga, viaje, maniobra, puerto).

3º) La instalación eléctrica a realizar debe realizarse de acuerdo con:

- El Reglamento de la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas.
 - Las normas de la Administración Marítima Española, y en especial el Art 2-08 del Reglamento:

“2.08. Reconocimiento de la instalación eléctrica:

A) Sistemas de distribución:

Se podrán utilizar los sistemas de distribución que se indican a continuación:

a) Corriente continua:

- *Sistemas de 2 conductores.*
- *Sistemas de 3 conductores, con punto central a tierra.*

b) Corriente alterna:

- *Sistemas monofásicos de 2 conductores, uno de los cuales puede conectado a tierra.*
- *Sistemas trifásicos de 3 conductores con neutro aislado o a tierra.*
- *Sistemas trifásicos de 4 conductores con neutro aislado o a tierra.*

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 80

La utilización de sistemas con retorno por el casco podrá ser objeto de un examen particular de la Administración.

c) Distribución en serie a intensidad constante.

- Se empleara en corriente continua solamente.

d) En los petroleros y buques que transporten a granel petróleo o cargamentos líquidos, cuya temperatura de inflamación sea igual o menor de 65,5° C, solamente se emplearan los siguientes sistemas de generación y distribución:

- De 2 conductores aislados para corriente continua y alterna monofásica.

- De 3 conductores aislados para corriente alterna trifásica.

B) Tensiones nominales.

Las tensiones nominales en los bornes de los aparatos receptores no deberán sobrepasar los valores siguientes:

a) Corriente continua:

- Motores 500 volt.

- Aparatos de calefacción y electrodomésticos 250 volt.

- Alumbrado y enchufes 250 volt.

b) Corriente alterna:

- Motores 500 volt.

- Aparatos de calefacción montados de forma inamovible para que no puedan desenchufarse 500 volt.

- Aparatos electrodomésticos de potencia ≥ 8 kW, instalados de forma inamovible que no puedan desenchufarse 500 volt.

- Otros aparatos de calefacción y electrodomésticos 250 volt.

- Alumbrado y enchufes 250 volt.

c) En corriente continua, distribución en serie a intensidad constante.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 81

- Fuerza motriz 750 volt.

d) Sistemas de alta tensión (superior a 500 voltios).

La generación y distribución de alta tensión puede considerarse apropiada si:

- 1) La potencia de desconexión en corto circuito de la red en condiciones normales de funcionamiento excede de 50 MVA.*
- 2) La capacidad de los grupos generadores individuales es mayor de 2.500 kW.*

C) Generadores y motores.

a) Pruebas:

Todos los generadores y motores se someterán en fábrica a las siguientes pruebas:

1. ° De calentamiento a plena carga.

Los calentamientos máximos admisibles, especialmente en los arrollamientos y en los anillos o los colectores de los generadores y de los motores que aseguren un servicio continuo, se tomaran en función:

- De la zona y de la clase de navegación.*
- Eventualmente del servicio especial asegurado por el buque.*
- Del emplazamiento a bordo y del sistema de refrigeración las máquinas.*

En los motores que no accionen auxiliares que aseguren los servicios esenciales, podrán aumentarse los calentamientos 5° C cuando naveguen en zonas tropicales.

2. ° De sobrecarga.

Los generadores y los motores se construirán para que puedan soportar sobrecargas temporales de corriente o de par en las condiciones que se indican a continuación, sin que debido a ellas se produzcan averías o deformaciones en los arrollamientos,

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 82

manteniendo la tensión y la frecuencia tan aproximadas como sea posible a las características nominales y, una vez alcanzada la temperatura correspondiente, al régimen nominal.

Generadores:

Los generadores de corriente continua deberán poder soportar durante quince segundos una sobrecarga del 50 por 100 de la corriente nominal.

Los generadores de corriente alterna deberán poder soportar durante dos minutos una sobrecarga del 50 por 100 de la corriente nominal con un factor de potencia igual a 0,6 (retardado).

Además, los generadores de corriente continua o alterna deberán poder soportar igualmente sin deterioro, durante su duración de vida normal, sobrecargas excepcionales del 20 por 100 con una duración total acumulada de aproximadamente cien horas. Estas sobrecargas no deberán producirse con duraciones superiores a una hora, y entre dos sobrecargas sucesivas, el generador deberá tener tiempo suficiente para restablecer el equilibrio térmico correspondiente a su intensidad nominal.

Motores:

“Los motores deberán poder soportar en pruebas y sin averías las siguientes sobrecargas momentáneas:

A la velocidad de régimen, o en el caso de una gama de velocidades, a las velocidades más grandes y más pequeñas y con aumento gradual del par motor, los aumentos del par indicados a continuación. Los motores síncronos y los motores de inducción síncronos deberán soportar el exceso del par motor sin perder el sincronismo y sin ajuste del circuito de excitación preestablecido al valor correspondiente a la carga de régimen.”

- Motores de corriente continua: 50 por 100 durante quince segundos.
- Motores síncronos de corriente alterna polifásica: 50 por 100 durante quince segundos.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 83

- Motores de inducción síncronos de corriente alterna polifásica: 35 por 100 durante quince segundos.
- Motores de inducción de corriente alterna polifásica: 60 por 100 durante quince segundos.

“Para cada instalación se consideraran especialmente las pruebas de sobrecarga de los motores de propulsión”.

3. ° De resistencia de aislamiento.

Las pruebas de aislamiento se efectuaran, con preferencia, a continuación de las pruebas de calentamiento y de las pruebas eléctricas. A este efecto se utilizara una tensión continua del orden de 500 voltios. La resistencia de aislamiento, expresada en megohmios, no deberá ser, en principio, inferior a $V/1.000$, siendo V la tensión nominal.

4. ° De rigidez dieléctrica.

Después de las pruebas de calentamiento, las maquinas terminadas se someterán a pruebas dieléctricas, bajo una tensión alterna sinusoidal de frecuencia comprendida entre 25 y 100 Hz. Esta tensión se aplicara progresivamente, y el valor previsto se mantendrá durante un minuto entre cada arrollamiento y la masa (bastidor y circuito magnético) a la que están unidos los demás arrollamientos.

La fábrica extenderá un certificado del resultado de estas pruebas, que someterá a la aprobación del Inspector, el cual presenciara siempre las de las máquinas de 40 o más kW y las de las máquinas de menor potencia cuando lo crea conveniente.

Las máquinas que accionen los generadores serán reconocidas de acuerdo con el artículo 2-06 de este Reglamento y estarán provistas de reguladores que mantengan su velocidad dentro de los límites siguientes cuando se conecte o desconecte súbitamente toda la carga:

- 10 por 100 en variación instantánea.

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 84

- 6 por 100 en variación permanente.

“En las instalaciones de corriente alterna las variaciones permanentes de la velocidad para las máquinas destinadas a trabajar en paralelo deben ser iguales, con una tolerancia de (+ -) 5 por 100.”

D) Cables:

1. ° Conductores:

Solo se empleara cobre recocido de alta conductibilidad; si el cable está aislado con caucho, el alambre de cobre deberá estar estañado o revestido con una aleación y la superficie será brillante.

2. ° Pruebas:

Se efectuaran las siguientes pruebas en el taller del fabricante, en presencia de un Inspector.

a) Prueba de alta tensión.

La prueba deberá efectuarse en los cables terminados con corriente continua o alterna monofásica, a discreción del fabricante. La potencia disponible en el equipo de prueba será suficiente para mantener en el cable la tensión de prueba especificada y la corriente de carga. Deberá aplicarse la tensión gradualmente para llegar a la especificada en un minuto aproximadamente y de la siguiente manera:

- *Para cables con revestimiento metálico, la tensión de prueba deberá aplicarse entre el conductor o conductores y el revestimiento metálico. Para cables con vaina hermética no metálica, se aplicara la tensión entre el conductor o conductores y el agua dentro de la cual el cable estará sumergido por lo menos una hora antes de la prueba. Para cables con revestimiento no metálico que puedan quedar dañados si se sumergen en agua, el voltaje deberá aplicarse a muestras de por los menos un metro de longitud, recubriendo la superficie con cintas metálicas. Además, en los cables de varios*

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 85

conductores, el voltaje deberá aplicarse por turnos entre cada conductor y todos los restantes unidos entre sí.

La prueba de la tensión deberá aplicarse, en todos los casos, durante cinco minutos sin avería, y su valor estará de acuerdo con lo indicado a continuación:

- *Para una tensión de hasta 250 voltios, inclusive, la prueba se hará a 1.5000 v en corriente alterna y 3.000 en corriente continua.*
- *Para tensiones comprendidas entre 250 v y 750 v. Inclusive, se probará a 2.500 v en corriente alterna y 5.000 v en corriente continua.*
- *Para tensiones comprendidas entre 750 v y 1.100 v. Inclusive, se probará a 3.000 v en corriente alterna y 6.000 v en corriente continua.*
- *Para tensiones comprendidas entre 1.100 v y 3.300 v. Inclusive, se probará a 10.000 v en corriente alterna y 20.000 v en continua.*
- *Para tensiones comprendidas entre 3.330 v y 6.000 v. Inclusive, se probará a 16.000 v en corriente alterna y 32.000 v en continua.*
- *En los cables aislados con composición mineral, para una tensión de servicio de hasta 440 voltios, inclusive, la tensión de prueba en corriente alterna deberá ser de 2.000 v. y para una tensión de servicio de más de 440 v deberá ser de 3.000 voltios.*

b) Resistencia de aislamiento:

Inmediatamente después de la prueba de alta tensión deberá medirse y anotarse la resistencia de aislamiento, empleando corriente continua de por lo menos 400 v y efectuando la medición después de circular corriente durante un minuto.

c) Prueba de chispas.

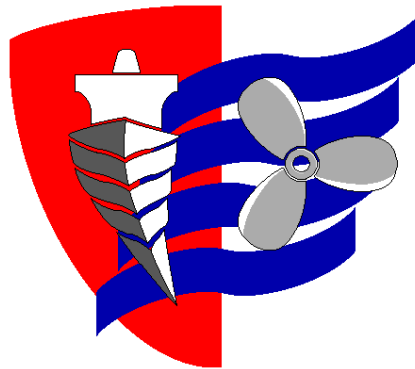
PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PC-30.3.2	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 86

La prueba de chispas puede ser aceptada en sustitución de las de altas tensiones y resistencia de aislamiento, en cables aislados con caucho o material similar. La prueba deberá efectuarse en un conductor provisto de su aislamiento, excepto en cables compuestos y trenzados de uno solo conductor que podrán probarse terminados.

El conductor aislado o el cable debe soportar la prueba de tensión sin avería, y la velocidad del paso del cable por el electrodo será suficiente para que cada punto este en contacto con el electrodo un tiempo no menor de 0, 1 segundos. Las tensiones de prueba se indican a continuación:

- *Para una tensión de servicio de 250 voltios y una sección del conductor 16 mm², la tensión eficaz de prueba será de 6 kilovoltios, para una sección 16 mm², y Alt-016325 mm², de 8 kilovoltios, y para una sección mayor de 25 mm², de 10 kilovoltios.*
- *Para una tensión de servicio de 660 voltios y una sección del conductor 25 mm², 10 kilovoltios, y para una sección 25 mm², y la misma tensión, 12 kilovoltios.*

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CUADERNO 4

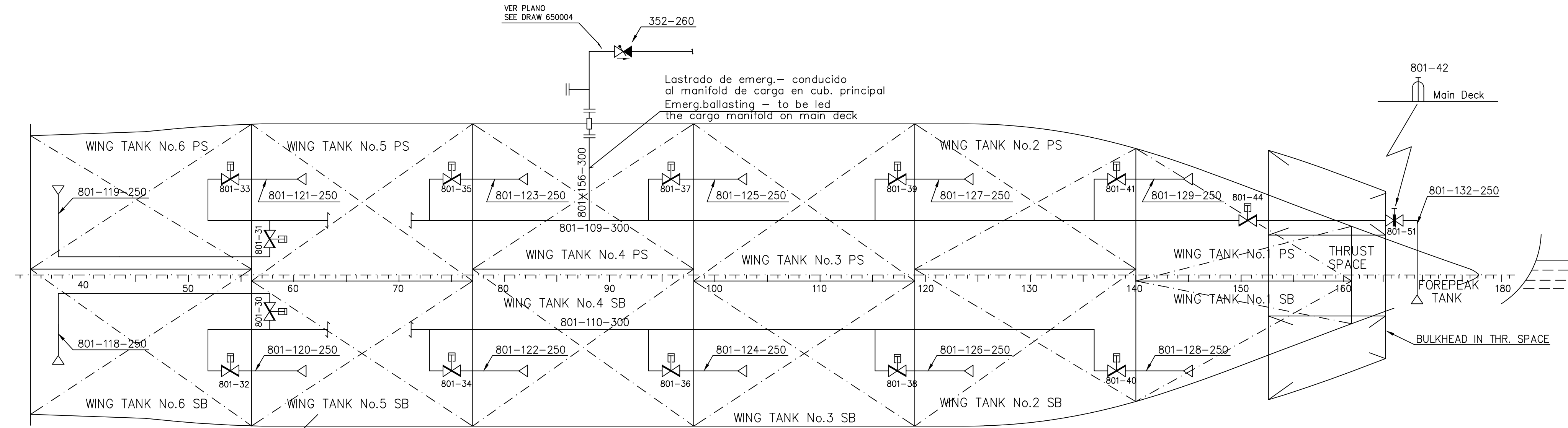
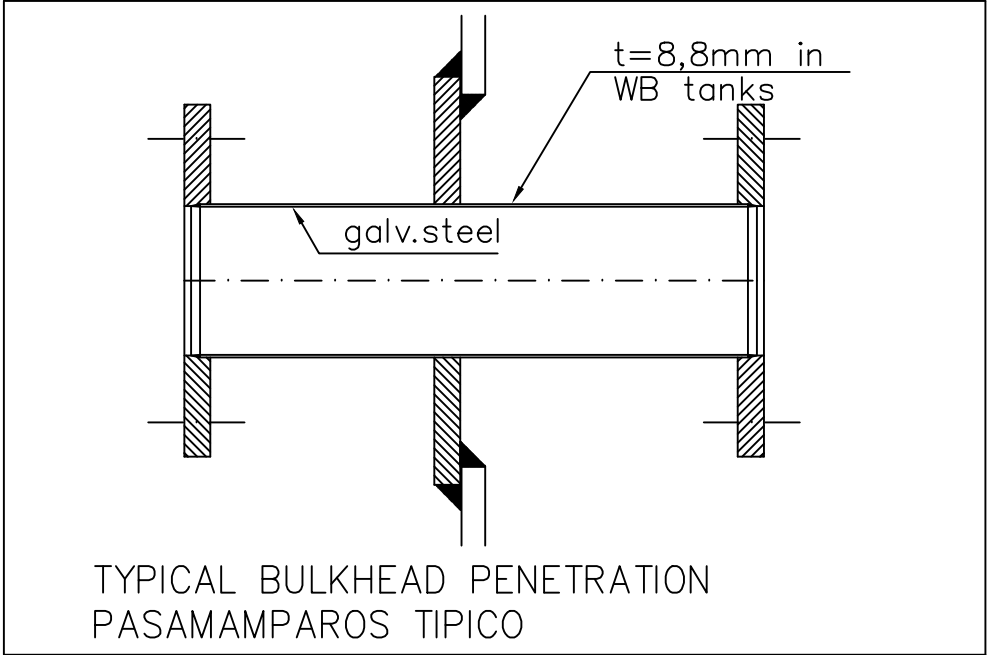
PLANOS

SYMB.	MEANING
	VALVULA VALVE
	VALVULA DE CIERRE Y RETENCION SHUT OFF VALVE
	VALVULA DE CIERRE Y RETENCION NON-RETURN SHUT OFF VALVE
	VALVULA DE CHARNELA SWING CHECK VALVE
	VALVULA DE MARIPOSA BUTTERFLY VALVE
	VALVULA DE COMPUERTA GATE VALVE
	ACTUADOR CONTINUO CONTINUOUS ACTUATOR
	ACTUADOR ON-OFF ACTUATOR ON-OFF
	INSTRUMENTO MONTADO "IN SITU" INSTR. MOUNTED LOCAL
	INSTRUMENTO MONTADO EN CENTRAL INSTRUMENT MOUNTED IN CENTRAL
	BOMBA PUMP
	EYECTOR EJECTOR
	DESCARGA AL COSTADO OVERBOARD
	CAMPANA DE ASPIRACION SUCTION BELL
	FILTRO MUD BOX

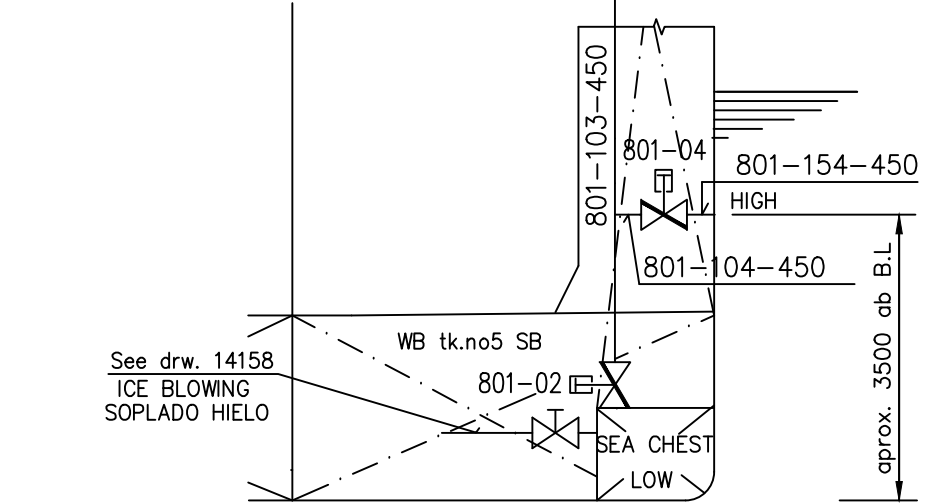
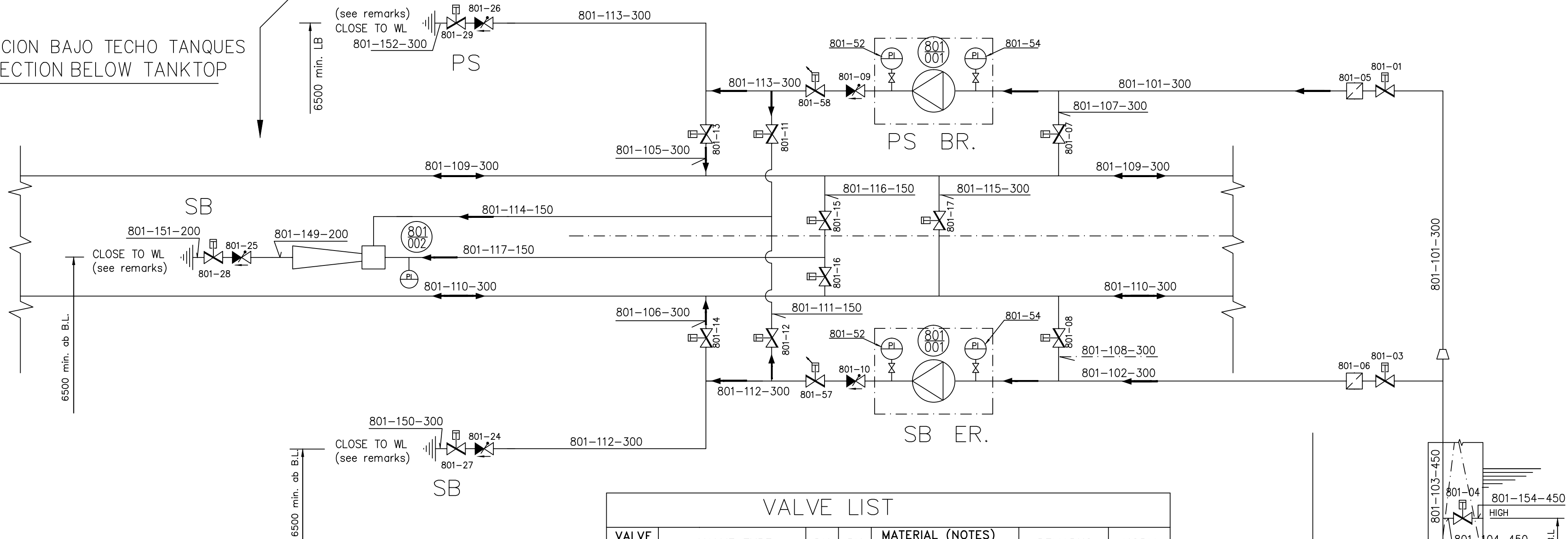
NOTAS
CLASS : L.R. + 100 A1 CHEMICAL & OIL TANKER ICE 1A, NAV1 + LMC, UMS Register notations: TMON, Shiptype 2, d = 1840 Kg/m³, str. 0,1 NOTA ! Este plano es solamente esquemático Para la disposición se usarán dibujos a escala La disposición de las descargas ha de estar de acuerdo con MARPOL 73/78 reg. 18 y L.R. Las válvulas serán operadas de acuerdo con reglas El tubo 801-156-300 sobre la cub. principal será de acero galvanizado o de otro material conductivo eléctricamente. Se conseguirá como máximo vaciar simultáneamente cuatro tanques de lastre. Los tubos de fibra de vidrio reforzado (GRP) serán de tipo aprobado Se meterá una junta de expansión en la línea principal de lastre entre tanques La válvula 801-51será fijada al mamparo con cierre a distancia sobre la cubierta principal. (1) Válvulas recubiertas para ser sumergidas en los tanques de lastre (2) Válvulas con actuador hidráulico continuo. (3) Válvulas con actuador hidráulico de cierre/apertura (4) Filtros tratados interiormente con epoxy. * Tubería hidráulica a actuadores s/pl. 590014

REMARKS
CLASS : L.R. + 100 A1 CHEMICAL & OIL TANKER ICE 1A, NAV1 + LMC, UMS Register notations: TMON, Shiptype 2, d = 1840 Kg/m³, str. 0,1 NOTE ! This drawing is schematic only. For fitting, working drawings in scale is to be used. Position of outlets to be in accordance with MARPOL 73/78, reg. 18 and L.R. Operation of valves to be in accordance with the rules Pipe 801-156-300 shall be of galv. steel or other electrically conductive material above main deck. To achieve max. discharge rate, min. four (4) water ballast tanks to be discharged simultaneously. Glassfibre reinforced plastic (GRP) pipes to be of approved type. Expansion joints to be fitted on main ballast lines between each ballast tk. Valve 801-51 to be fitted to bulkhead with closing device arr. above m.d.k. (1) Valves recovered for being submerged in ballast tanks (2) Valves with continuous hydraulic actuator (3) Valves with open/close hydraulic actuator (4) Mud box to be internally epoxy coated

VALVE LIST						
VALVE NUMB.	VALVE TYPE	DN	PN	MATERIAL (NOTES) CASING TRIM	REMARKS	NORM
801-32	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-33	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "
801-34	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "
801-35	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "
801-36	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "
801-37	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "
801-38	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "
801-39	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "
801-40	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "
801-41	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-42	REMOTE VALVE CLOS.ROD.	40	10	Calr	Bronze	(N° 38) W/WHEEL NA 6-88-01
801-43						
801-44	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	300	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-46	BUTTERFLY VALVE (LUG)	125	10	Calr	Bronze	NA 6-27-02
801-47	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	125	10	Calr	Bronze	NA 6-27-04
801-48	BUTTERFLY VALVE (LUG)	125	10	Calr	Bronze	NA 6-27-02
801-49	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	125	10	Calr	Bronze	NA 6-27-04
801-50	BUTTERFLY VALVE (" ")	125	10	Calr	Bronze	NA 6-27-04
801-51	GATE VALVE	250	10	CaSt	Bronze	DNV-cert. NA 6-31-05
801-52	PRESURE SENSORS	1/2"	10	1/GT-206		2 PIECES P.A. 38197 SAAB MARINE NA 6-27-16
801-53	BUTTERFLY VALVE (LUG)	125	10	Calr	Bronze	NA 6-27-16
801-54	VAC. PRESURE SENSORS	1/2"	10	1/GT-206		2 PIECES P.A. 38197 SAAB MARINE NA 6-15-04
801-55	NR SHUT OFF VALVE	125	10	Calr	Bronze	NA 6-27-04
801-56	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	125	10	Calr	Bronze	NA 6-27-09
801-57	BUTTERFLY VALVE (" ")	300	10	Calr	Bronze	(1) (2) NA 6-27-09
801-58	BUTTERFLY VALVE (" ")	300	10	Calr	Bronze	(1) (2) NA 6-27-09



SECCION BAJO TECHO TANQUES
SECTION BELOW TANKTOP



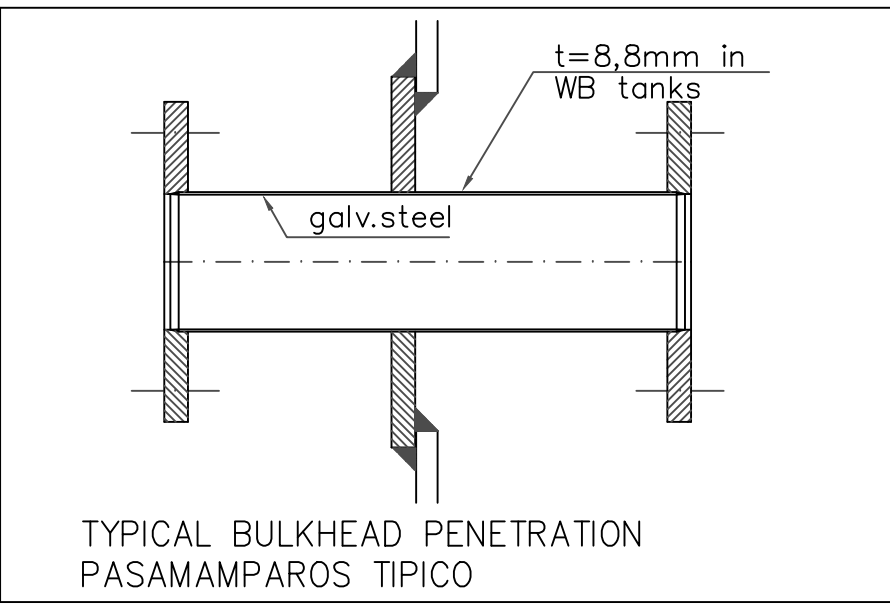
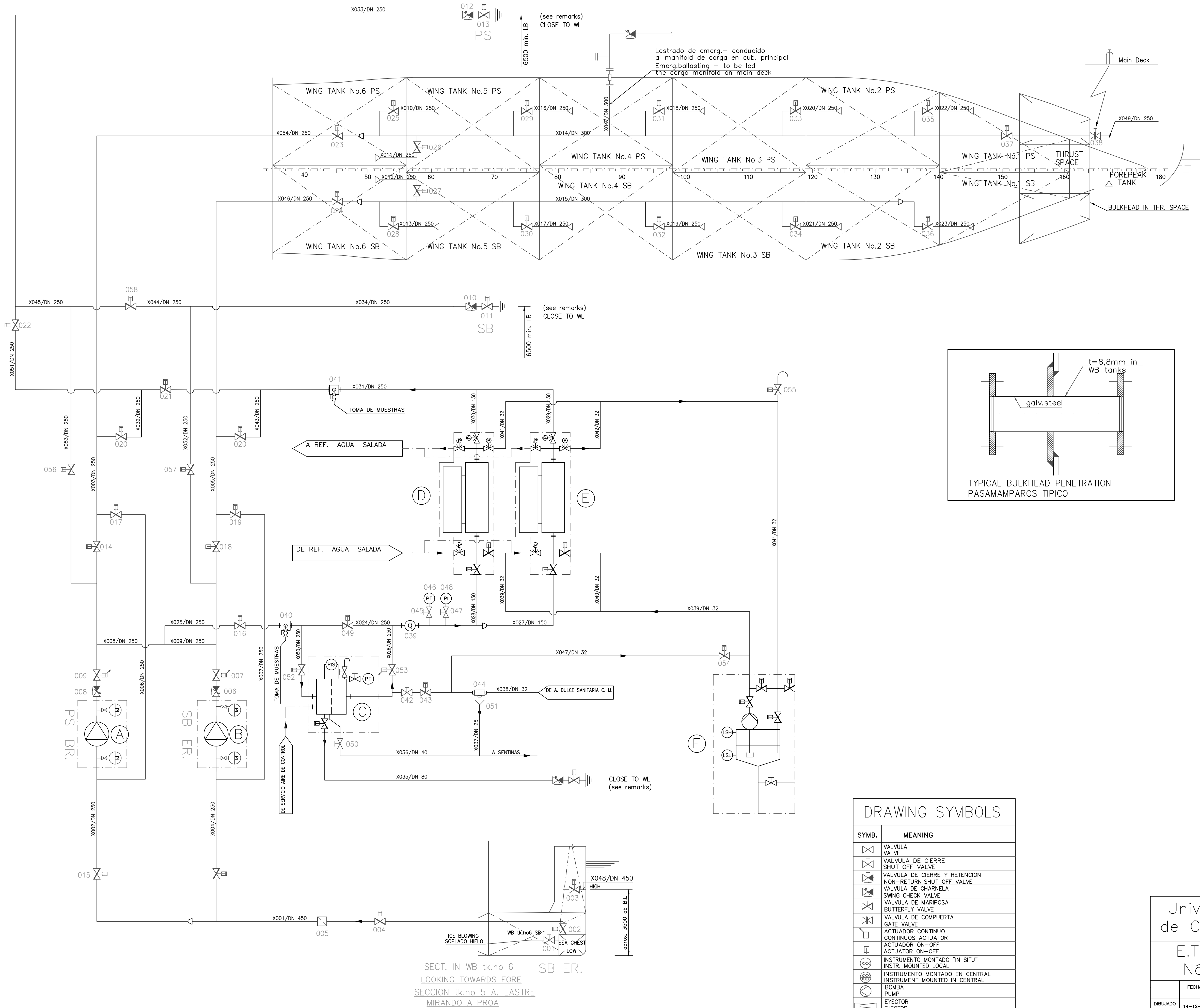
SECT. IN WB tk.no 5
LOOKING TOWARDS FORE
SECCION tk.no 5 A. LASTRE
MIRANDO A PROA

DENOMINATION	VALUE	REMARKS
PRESION DE TRABAJO WORKING PRESSURE	4 bar	
PRESION DE PRUEBA TEST PRESSURE	6 bar	
TEMPERATURA DE TRABAJO WORKING TEMPERAT.	≤ 35	
CLASE CLASS	III	

PIPE LIST						
PIPE NUMB.	DIM.	MAT.	FROM	TO	REMARKS	NORM
801-101-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-103	BALLAST PUMP		
801-102-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-103	BALLAST PUMP		
801-103-450	ø 461,6x13,9	GRP	SEACHEST SB	PIPE 801-101/102		
801-104-450	ø 461,6x13,9	GRP	PIPE 801-103	PIPE 801-154		
801-105-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-113	PIPE 801-109		
801-106-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-112	PIPE 801-110		
801-107-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-109	PIPE 801-101	BY PASS	
801-108-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-110	PIPE 801-102	BY PASS	
801-109-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-105	BALLAST TANKS, PS		
801-110-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-106	BALLAST TANKS, SB		
801-111-150	ø 169,8x5,40	GRP	PIPE 801-112/113	PIPE 801-114		
801-112-300	ø 334,1x10,2	GRP	BALLAST PUMP	PIPE 801-150		
801-113-300	ø 334,1x10,2	GRP	BALLAST PUMP	PIPE 801-152		
801-114-150	ø 169,8x5,40	GRP	PIPE 801-111	BALL EJECTOR	DRIVE WATER	
801-115-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-109	PIPE 801-110		
801-116-150	ø 169,8x5,40	GRP	PIPE 801-110/109	PIPE 801-117	SUCTION	
801-117-150	ø 169,8x5,40	GRP	PIPE 801-116	BALL EJECTOR	SUCTION	
801-118-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-110	WB. TK. No.6 SB		
801-119-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-109	WB. TK. No.6 PS		
801-120-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-110	WB. TK. No.5 SB		
801-121-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-109	WB. TK. No.5 PS		
801-122-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-110	WB. TK. No.4 SB		
801-123-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-109	WB. TK. No.4 PS		
801-124-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-110	WB. TK. No.3 SB		
801-125-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-109	WB. TK. No.3 PS		
801-126-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-110	WB. TK. No.2 SB		
801-127-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-109	WB. TK. No.2 PS		
801-128-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-110	WB. TK. No.1 SB		
801-129-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-109	WB. TK. No.1 PS		
801-132-250	ø 280,1x8,6	GRP	PIPE 801-109	FOREPEAK TANK		
801-136-125	ø 141,3x6,55	GIST	CROSSOVER	BILGE/BALLAST PUMP P		NA 6-1-22
801-137-125	ø 141,3x6,55	GIST	CROSSOVER	BILGE/BALLAST PUMP S		"
801-138-125	ø 141,3x6,55	GIST	GS PUMP no1	PIPE 801-140		"
801-139-125	ø 141,3x6,55	GIST	GS PUMP no2	PIPE 801-140		"
801-140-125	ø 141,3x6,55	GIST	PIPE 801-138/139	PIPE 801-144		"
801-141-125	ø 141,3x6,55	GIST	PIPE 801-144	BILGE/BALLAST PUMP S		"
801-142-125	ø 141,3x6,55	GIST	PIPE 801-144	BILGE/BALLAST PUMP P		NA 6-1-22
801-144-125	ø 141,3x6,55	GIST	STERN TANKS	PIPE 801-141/142		NA 6-1-22
801-147-125	ø 141,3x6,55	GIST	AFTPEAK TK.	PIPE 801-144		NA 6-1-22
801-148-125	ø 141,3x6,55	GIST	STERN TUBE COOL.TK.	PIPE 801-144		NA 6-1-22
801-149-200	ø 222,8x7,0	GRP	BALL EJECTOR	PIPE 801-151		"
801-150-300	ø 323,85x12,7	GIST	PIPE 801-112	OVERBOARD		NA 6-1-22
801-151-200	ø 219,07x12,7	GIST	PIPE 801-149	OVERBOARD		"
801-152-300	ø 323,85x12,7	GIST	PIPE 801-113	OVERBOARD		NA 6-1-22
801-154-450	ø 457,2x12,7	GIST	HIGH SUCTION, SB	PIPE 801-104		NA 6-1-22
801-156-300	ø 334,1x10,2	GRP	PIPE 801-109	MANDECK		

VALVE LIST						
VALVE NUMB.	VALVE TYPE	DN	PN	MATERIAL (NOTES) CASING TRIM	REMARKS	NORM
801-01	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	300	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-02	BUTTERFLY VALVE (FLANGE)	450	10	CaSt	Bronze	L.R.-cert. (1) (3) NA 6-27-17
801-03	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	300	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-04	BUTTERFLY VALVE (FLANGE)	450	10	CaSt	Bronze	L.R.-cert. (1) (3) NA 6-27-17
801-05	MUD BOX	300	10	Br	StSt	NA 6-83-14
801-06	MUD BOX	300	10	Br	StSt	NA 6-83-14
801-07	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	300	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-08	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	300	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-09	SWING CHECK VALVE	300	10	StSt	StSt	NA 6-13-04
801-10	SWING CHECK VALVE	300	10	StSt	StSt	NA 6-13-04
801-11	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	150	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-12	BUTTERFLY VALVE (" ")	150	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-13	BUTTERFLY VALVE (" ")	300	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-14	BUTTERFLY VALVE (" ")	300	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-15	BUTTERFLY VALVE (" ")	150	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-16	BUTTERFLY VALVE (" ")	150	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-17	BUTTERFLY VALVE (" ")	300	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-19	MUD BOX	125	10	GIST	StSt	(4) NA 6-83-02
801-24	SWING CHECK VALVE	300	10	StSt	StSt	NA 6-13-04
801-25	SWING CHECK VALVE	200	10	StSt	StSt	NA 6-13-04
801-26	SWING CHECK VALVE	300	10	StSt	StSt	NA 6-13-04
801-27	BUTTERFLY VALVE (FLANGE)	300	10	CaSt	Bronze	L.R.-cert. (1) (3) NA 6-27-17
801-28	BUTTERFLY VALVE (LUG)	200	10	CaSt	Bronze	L.R.-cert. (1) (3) NA 6-27-15
801-29	BUTTERFLY VALVE (FLANGE)	300	10	CaSt	Bronze	L.R.-cert. (1) (3) NA 6-27-17
801-30	BUTTERFLY VALVE (WAFER)	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) NA 6-27-09
801-31	BUTTERFLY VALVE (" ")	250	10	Calr	Bronze	(1) (3) "

Universidad de Cantabria			NOMBRE DEL PROYECTO		
E.T.S. de Náutica			INSTALACIÓN DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LASTRE EN UN BUQUE		
FECHA	NOMBRE	TANKER FOR CHEMICALS PRODUCTS - 16000 DWT.		ORIGEN DEL PLANO EXTERNO	
DIBUJADO	14-12-00	FNB	ESQUEMA DE LASTRE	PLANO N° 001	
MODIFICADO	10-06-15	AGC		ESCALA	HOJA 1
SUSTITUYE A					
El plano original es propiedad de FACTORIAS VULCANO. El presente documento ha sido generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - ITN especialidad en propulsión y servicios del buque					



DRAWING SYMBOLS	
SYMB.	MEANING
	VALVULA VALVE
	VALVULA DE CIERRE SHUT OFF VALVE
	VALVULA DE CIERRE Y RETENCION NON-RETURN SHUT OFF VALVE
	VALVULA DE CHARNELA SWING CHECK VALVE
	VALVULA DE MARIPOSA BUTTERFLY VALVE
	VALVULA DE COMPUERTA GATE VALVE
	ACTUADOR CONTINUO CONTINUOUS ACTUATOR
	ACTUADOR ON-OFF ACTUATOR ON-OFF
	INSTRUMENTO MONTADO "IN SITU" INSTR. MOUNTED LOCAL
	INSTRUMENTO MONTADO EN CENTRAL INSTRUMENT MOUNTED IN CENTRAL
	BOMBA PUMP
	EYECTOR EJECTOR
	DESCARGA AL COSTADO OVERBOARD
	CAMPANA DE ASPIRACION SUCTION BELL
	FILTRO MUD BOX

EQUIPOS			
REFERENCIA	EQUIPO		
A	Bomba de lastre de babor		
B	Bomba de lastre de estribor		
C	Filtro		
D	Unidad AOT 1		
E	Unidad AOT 2		
F	Unidad CJP		
LISTA DE VÁLVULAS			
REFERENCIA	TIPO	DN	PN
1	Soplado hielo	450	10
2	Mariposa	450	10
3	Mariposa	450	10
4	Mariposa	450	10
5	Caja de longas	450	10
6	Charnela	250	10
7	Mariposa	250	10
8	Charnela	250	10
9	Mariposa	250	10
10	Charnela	250	10
11	Mariposa	250	10
12	Charnela	250	10
13	Mariposa	250	10
14	Mariposa	250	10
15	Mariposa	250	10
16	Mariposa	250	10
17	Mariposa	250	10
18	Mariposa	250	10
19	Mariposa	250	10
20	Mariposa	250	10
21	Mariposa	250	10
22	Mariposa	250	10
23	Mariposa	250	10
24	Mariposa	250	10
25	Mariposa	250	10
26	Mariposa	250	10
27	Mariposa	250	10
28	Mariposa	250	10
29	Mariposa	250	10
30	Mariposa	250	10
31	Mariposa	250	10
32	Mariposa	250	10
33	Mariposa	250	10
34	Mariposa	250	10
35	Mariposa	250	10
36	Mariposa	250	10
37	Mariposa	250	10
38	Mariposa	250	10
39	Caudalimetro	250	10
40	Toma de muestra	250	10
41	Toma de muestra	250	10
42	Válvula de cierre	32	10
43	Mariposa	32	10
44	Toma de muestra	32	10
45	Válvula sensor	32	10
46	Sensor		10
47	Válvula sensor		10
48	Sensor presión		10
49	Mariposa	250	10
50	Válvula de cierre	40	10
51	Purco	25	10
52	Mariposa	250	10
53	Mariposa	250	10
54	Mariposa	32	10
55	Mariposa	40	10
56	Mariposa	250	10
57	Mariposa	250	10
58	Mariposa	250	10

Universidad de Cantabria

E.T.S. de Náutica

NOMBRE DEL PROYECTO

INSTALACIÓN DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LASTRE EN UN BUQUE

FECHA

NOMBRE

TANKER FOR CHEMICALS PRODUCTS - 16000 DWT.

DIBUJADO

14-12-00

FNB

MODIFICADO

14-06-15

AGC

SUSTITUYE

A

001

ORIGEN DEL PLANO

MODIFICADO

PLANO N°

002

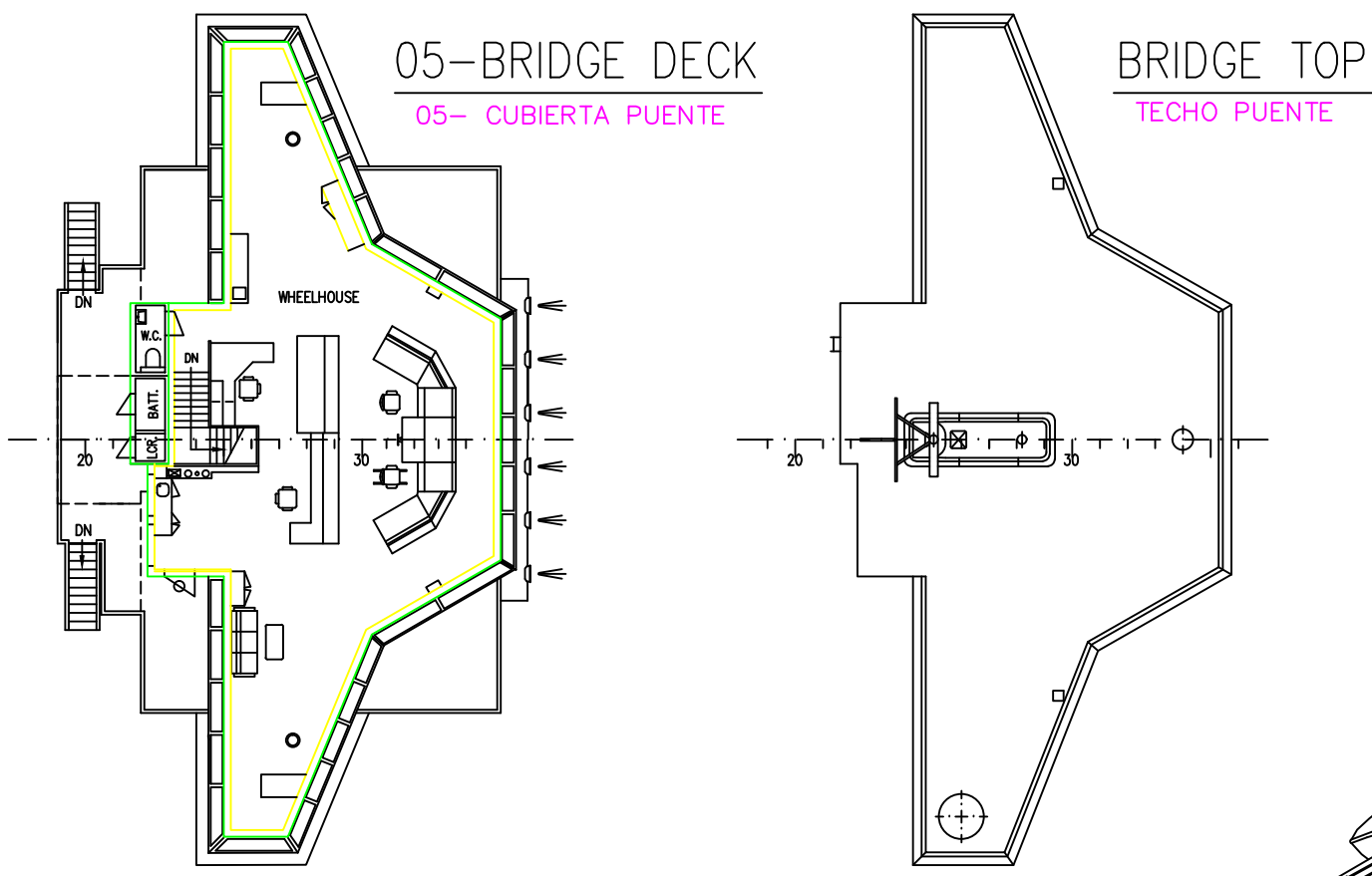
ESCALA

HOLA

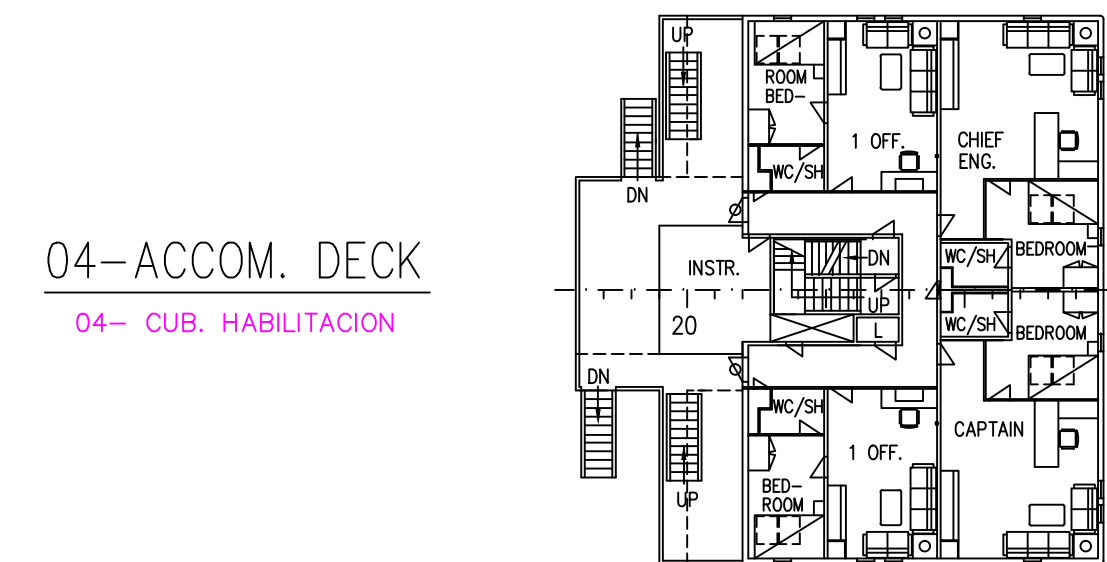
1

1

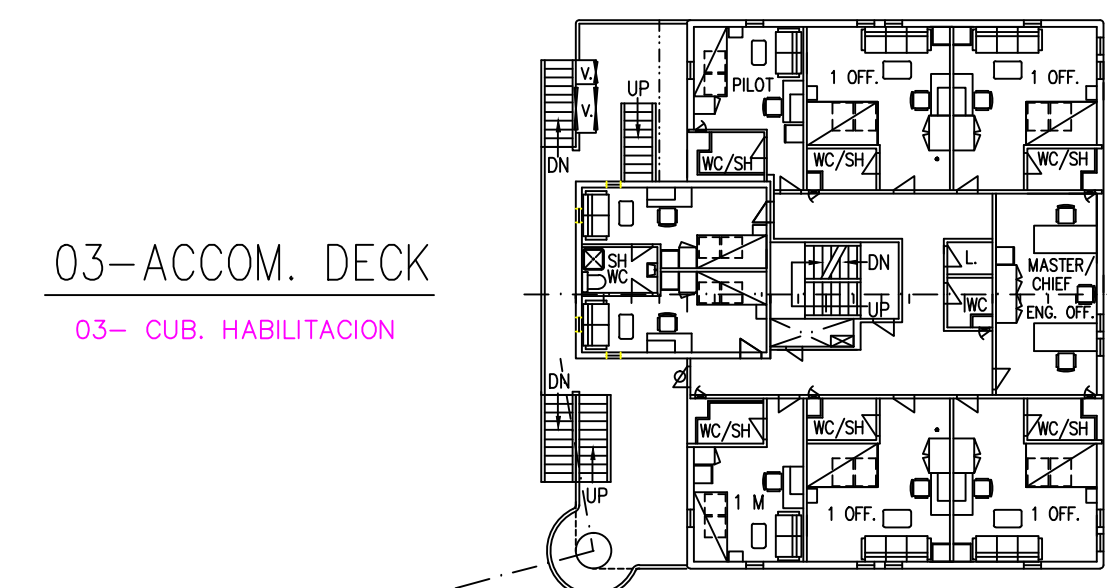
El plano original es propiedad de FACTORIAS VULCANO. El presente documento ha sido generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - ITN especialidad en propulsión y servicios del buque



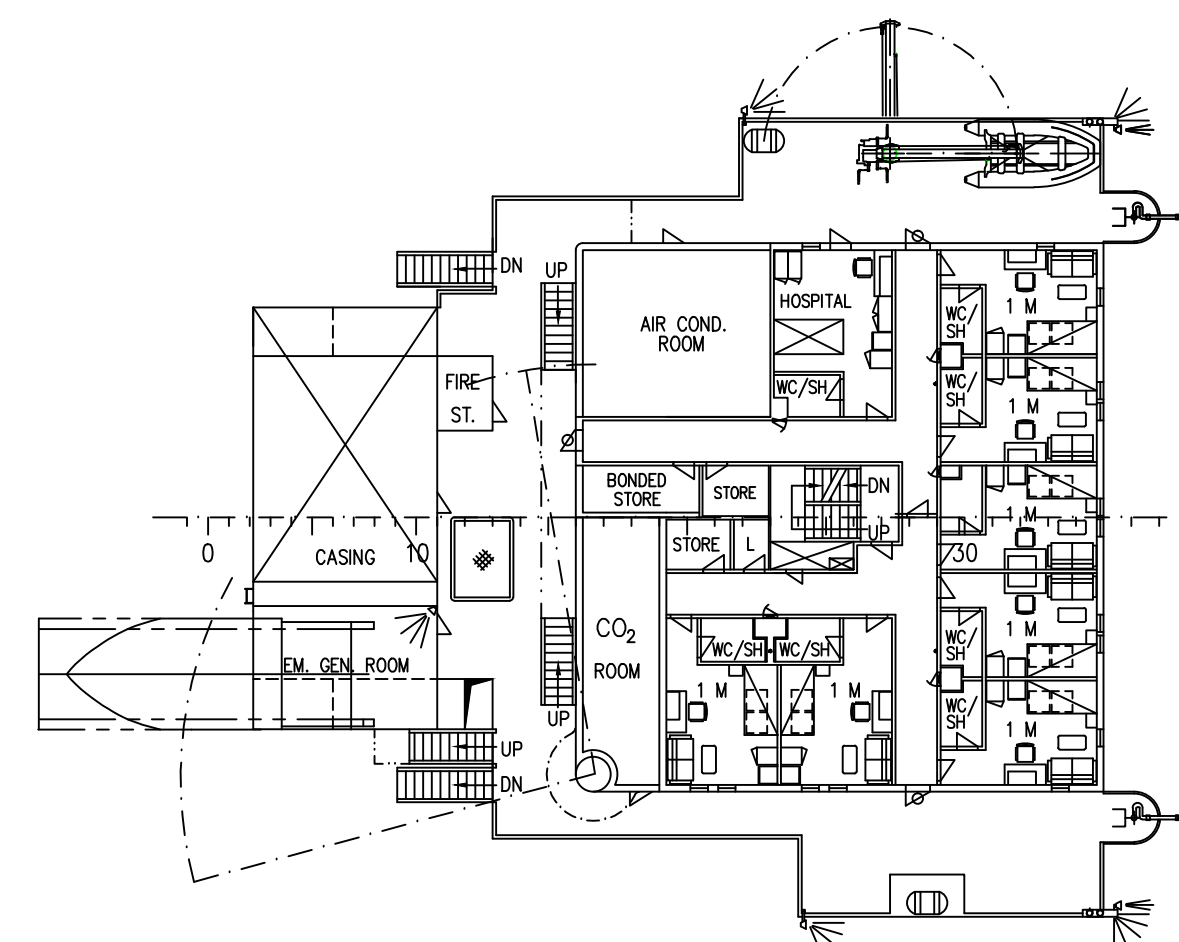
BRIDGE TOP
TECHO PUENTE



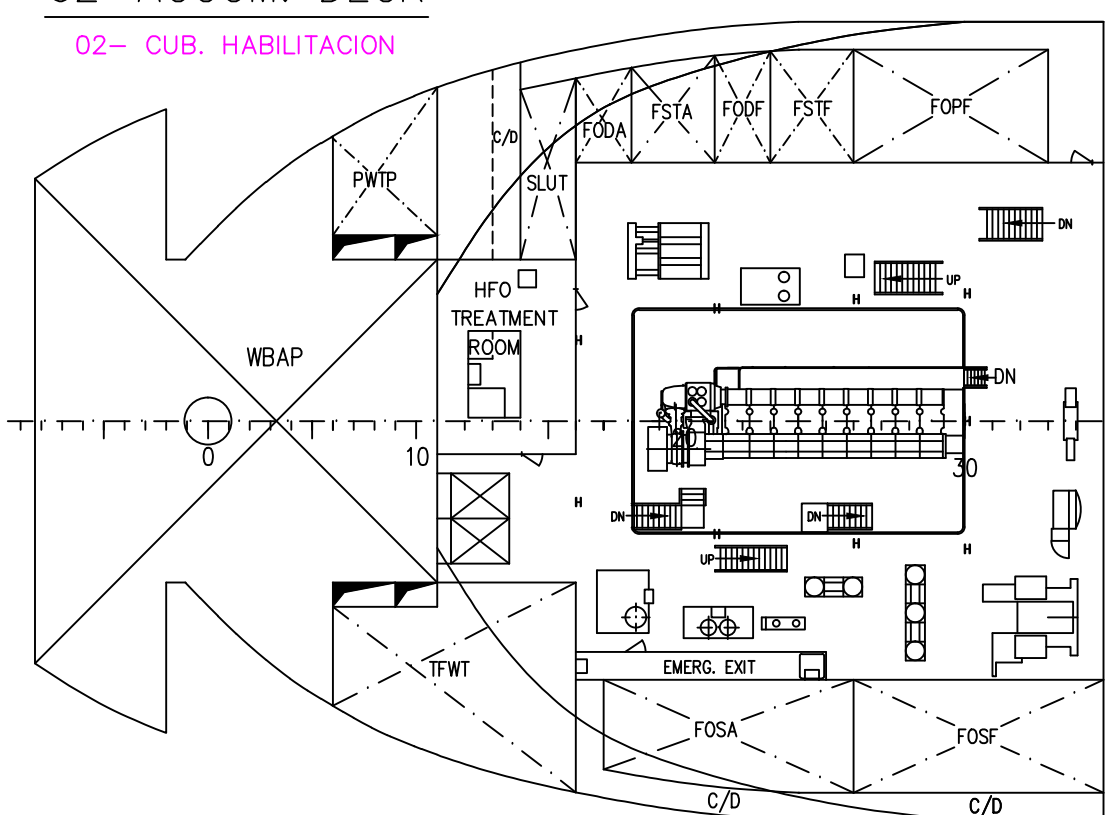
04-ACCOM. DECK
04- CUB. HABITACION



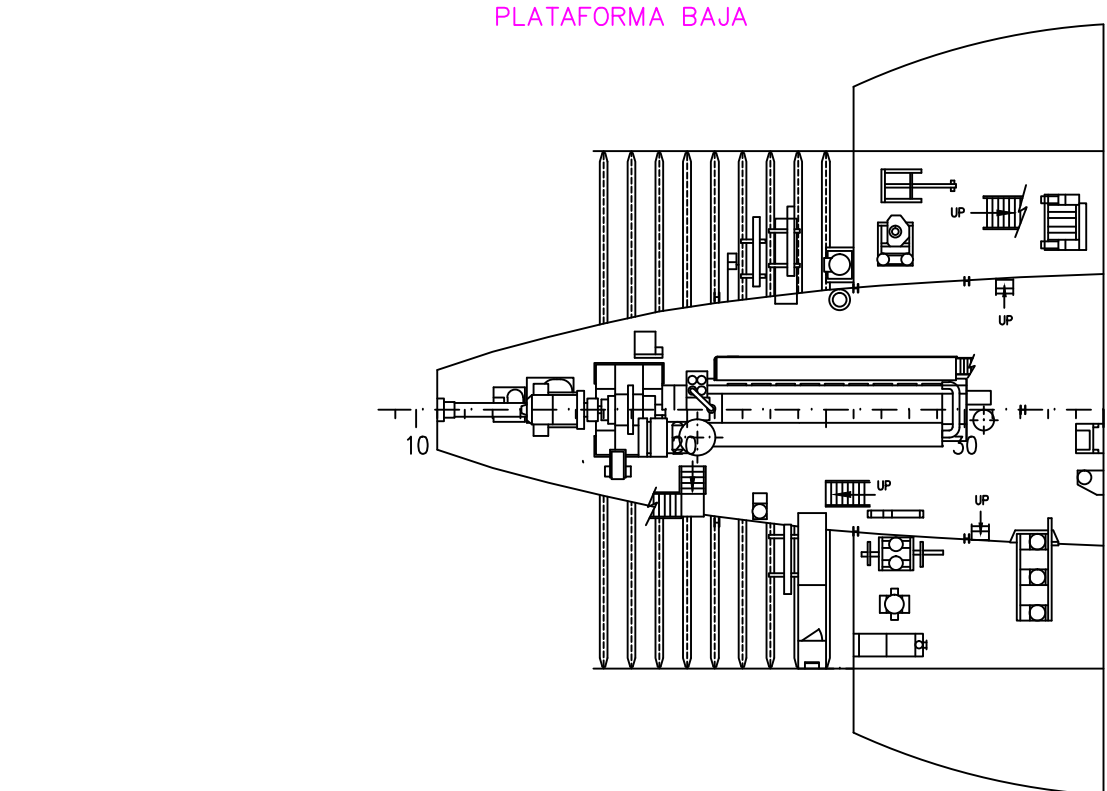
03-ACCOM. DECK
03- CUB. HABITACION



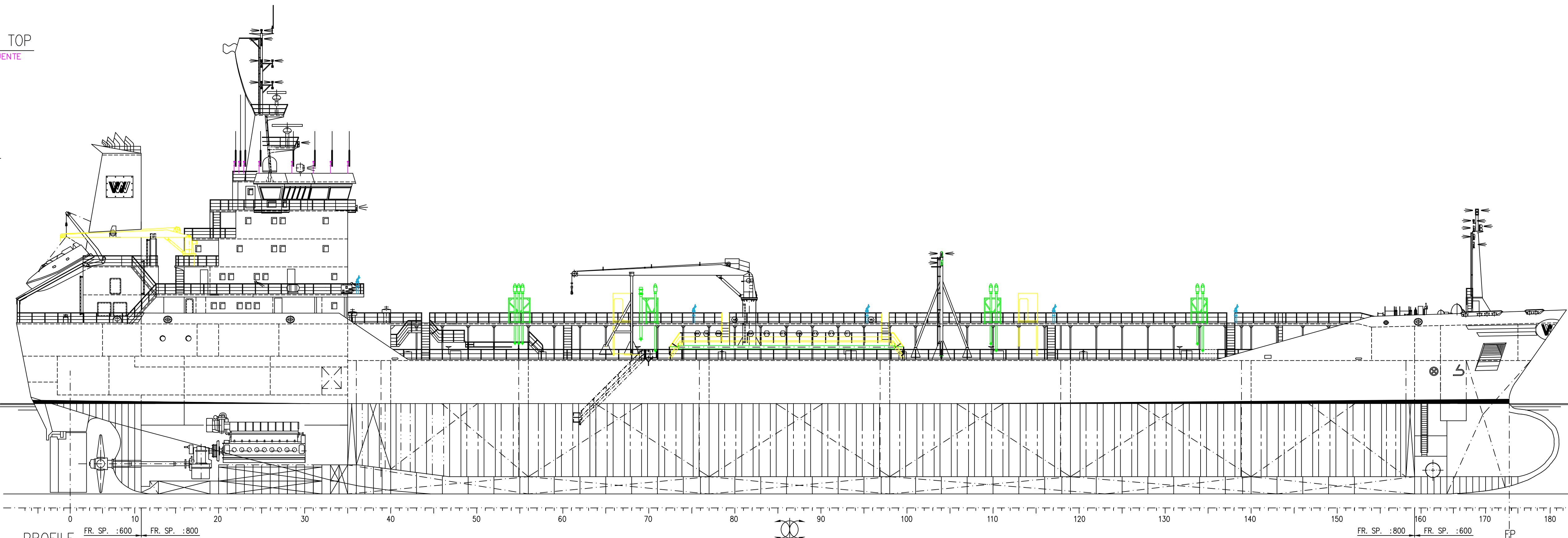
02-ACCOM. DECK
02- CUB. HABITACION



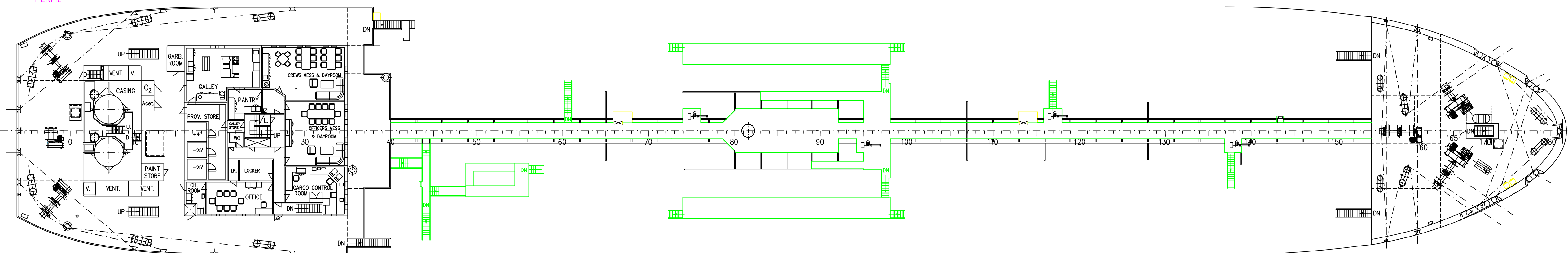
LOWER PLATFORM
PLATAFORMA BAJA



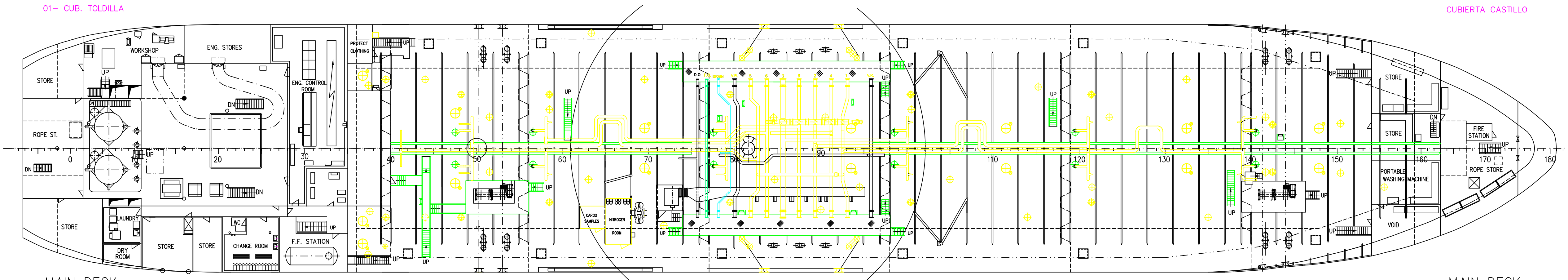
TANKTOP
DOBLE FONDO



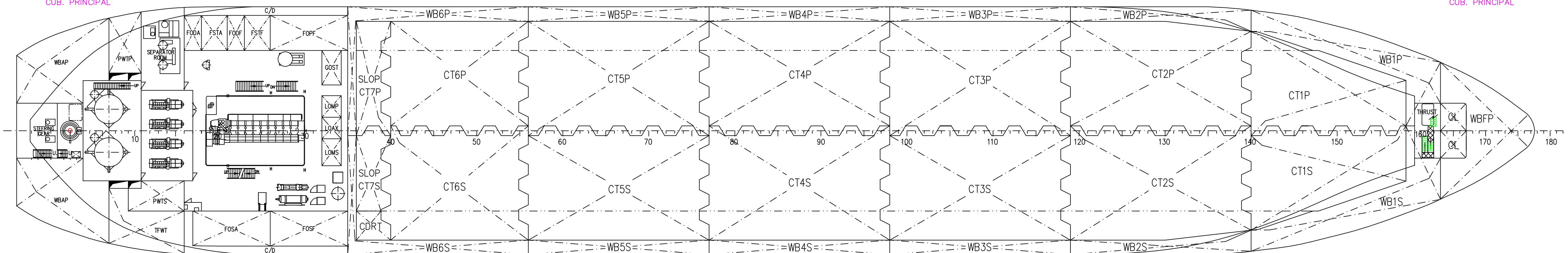
PROFILE
PERFIL



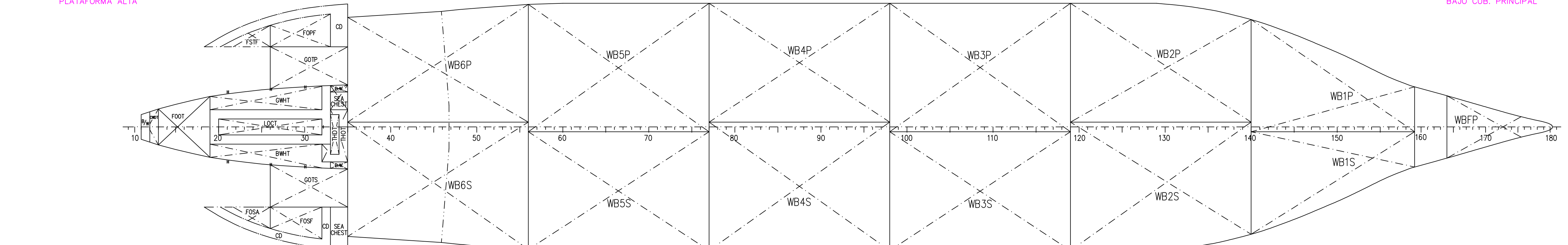
01-POOP DECK
01- CUB. TOLDILLA



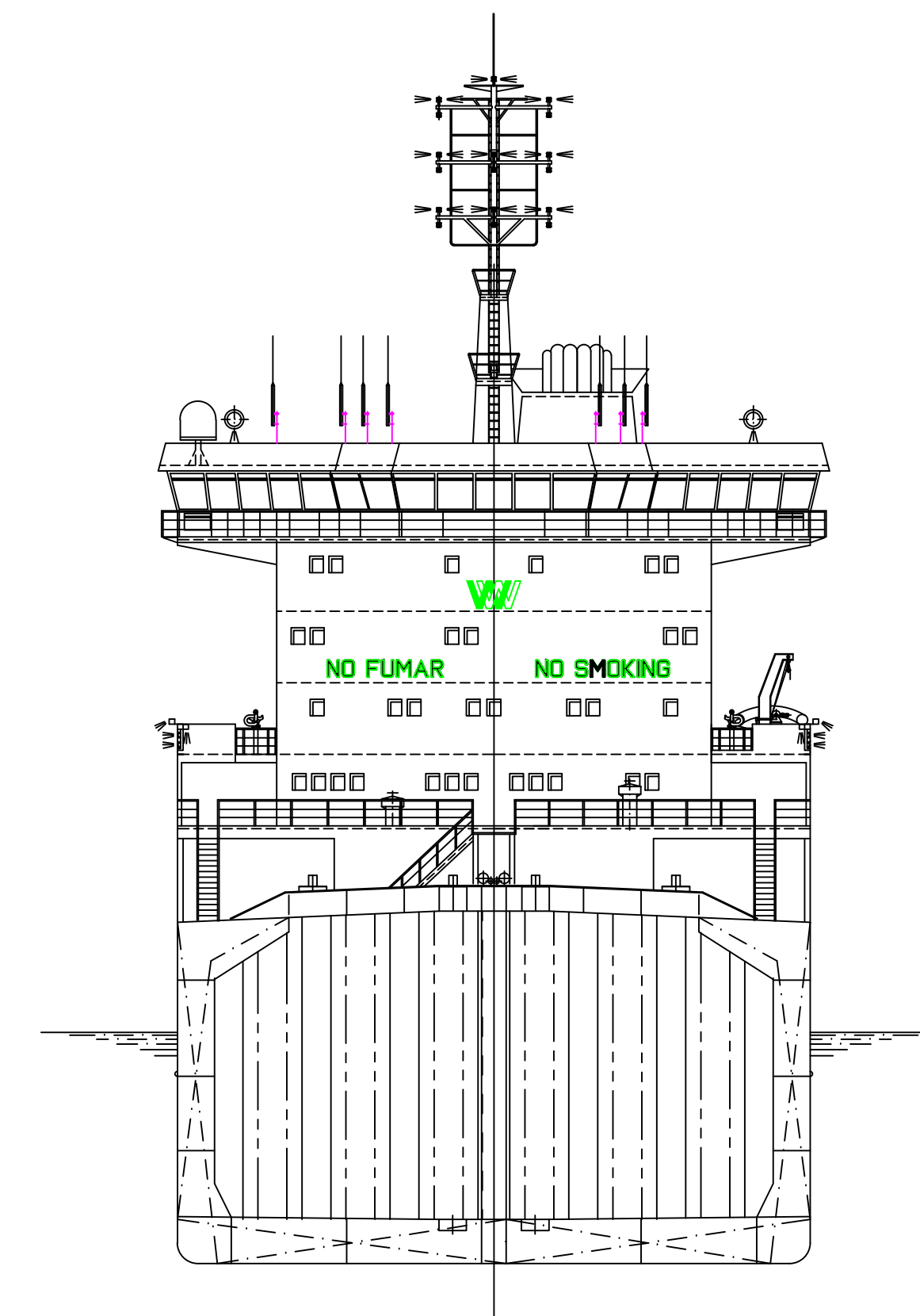
MAIN DECK
CUB. PRINCIPAL



UPPER PLATFORM
PLATAFORMA ALTA



BELOW TANKTOP
BAJO DOBLE FONDO



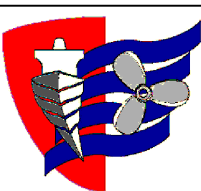
TRANSVERSE SECTION - LOOKING AFT.
SECCION TRANSVERSAL (MIRANDO A POPA)

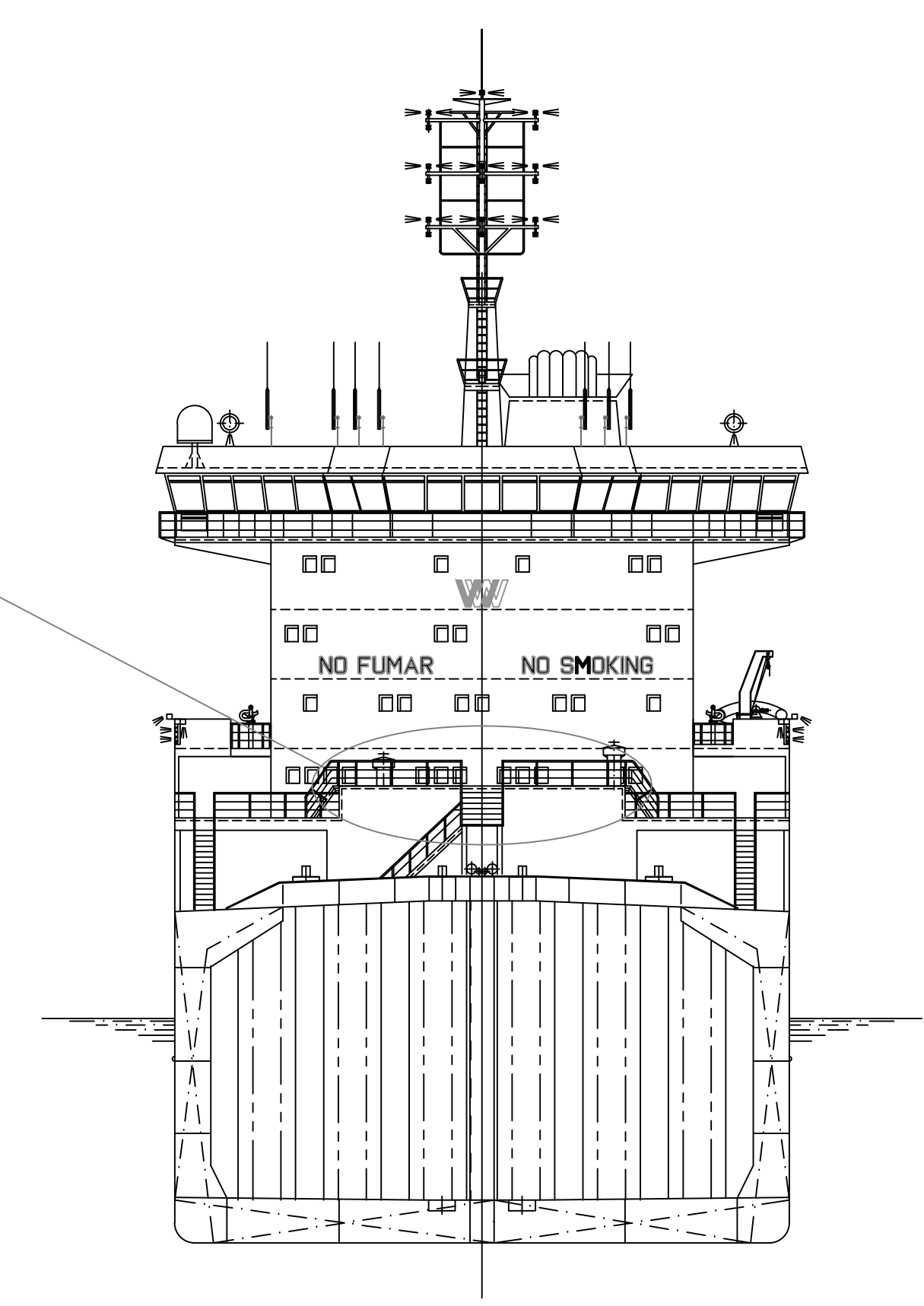
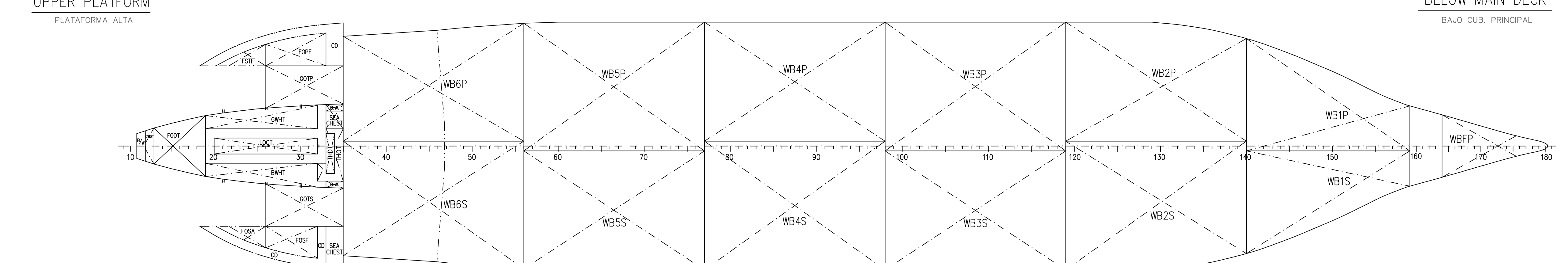
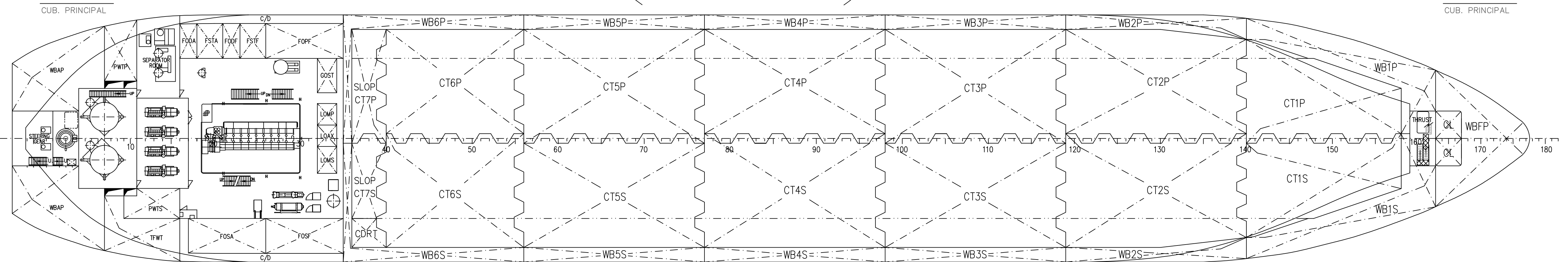
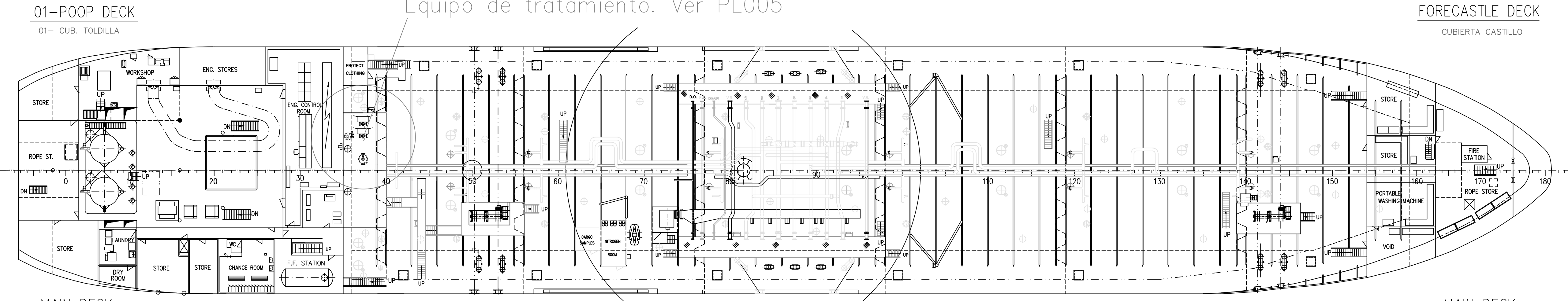
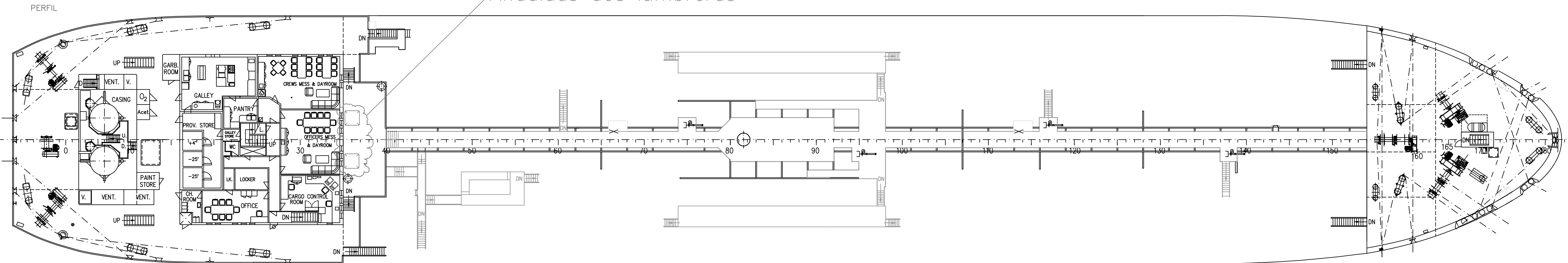
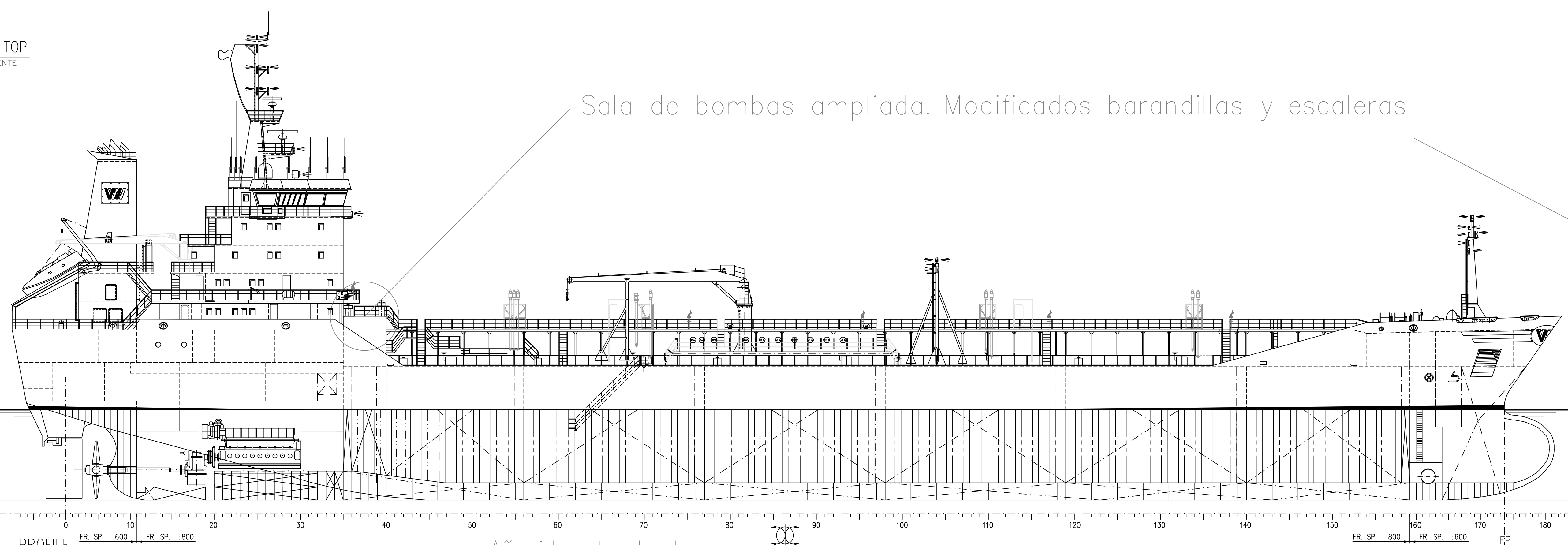
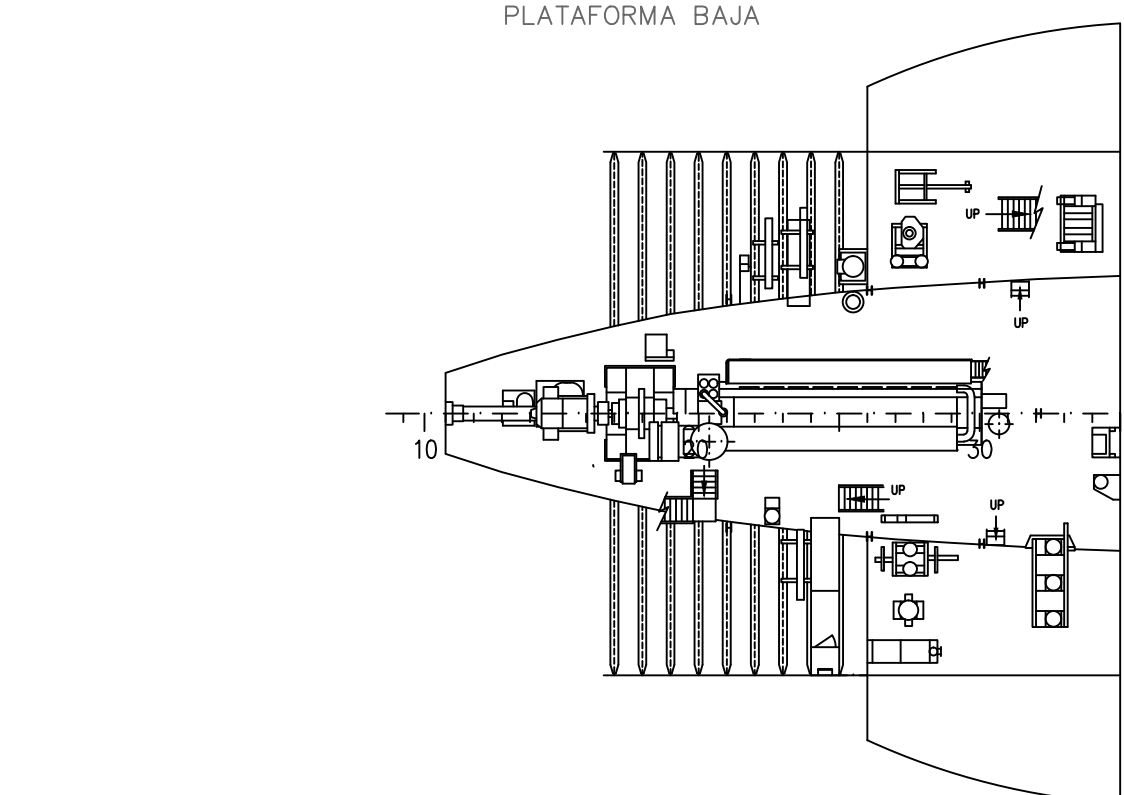
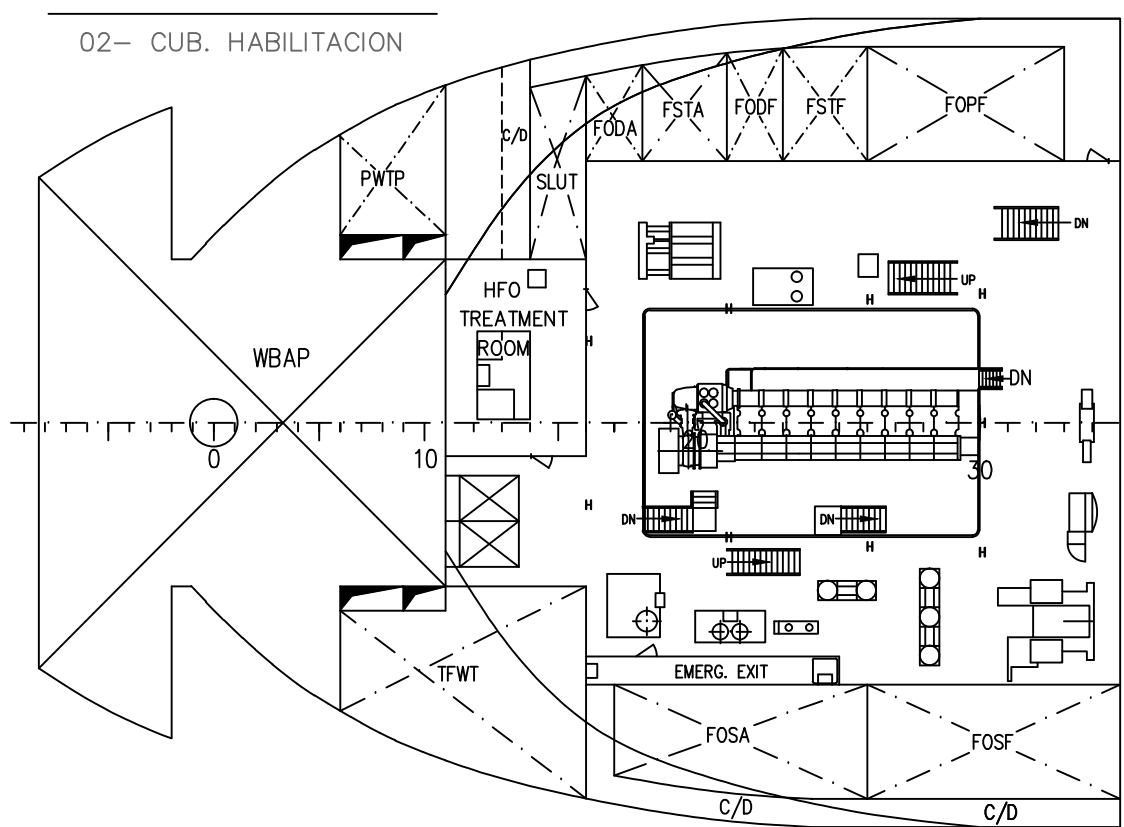
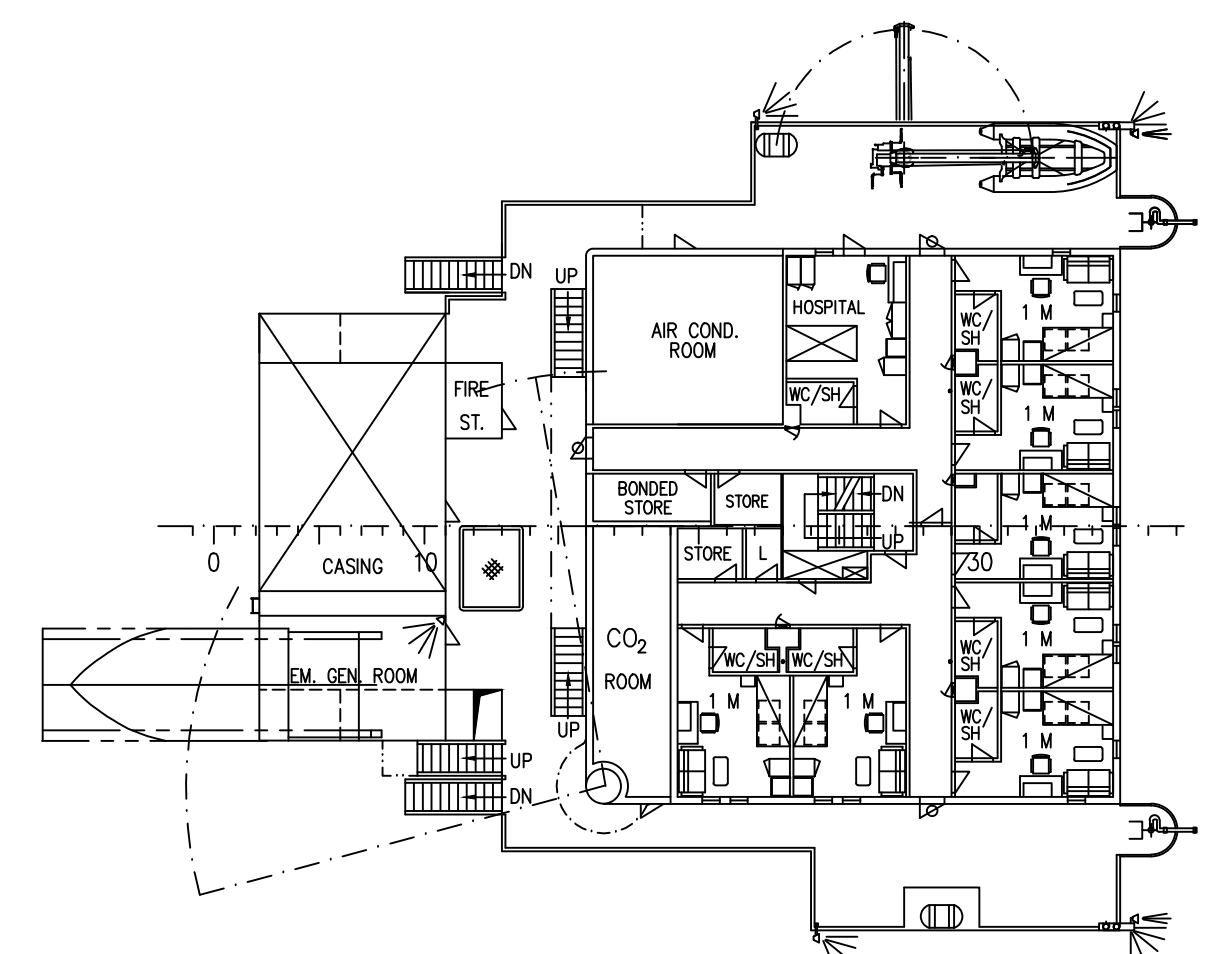
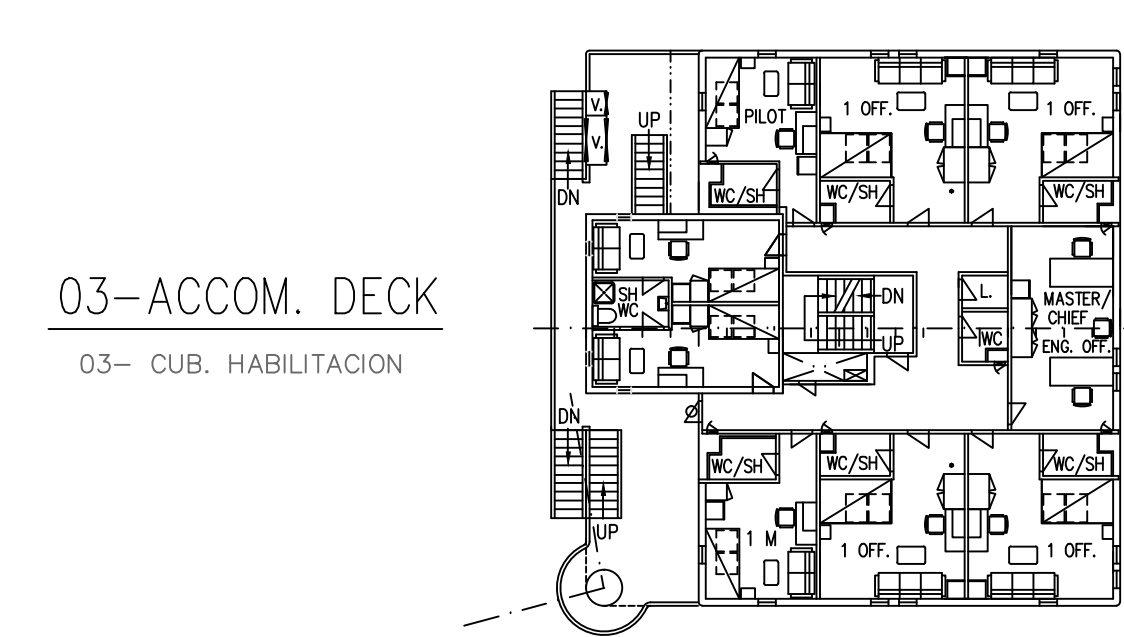
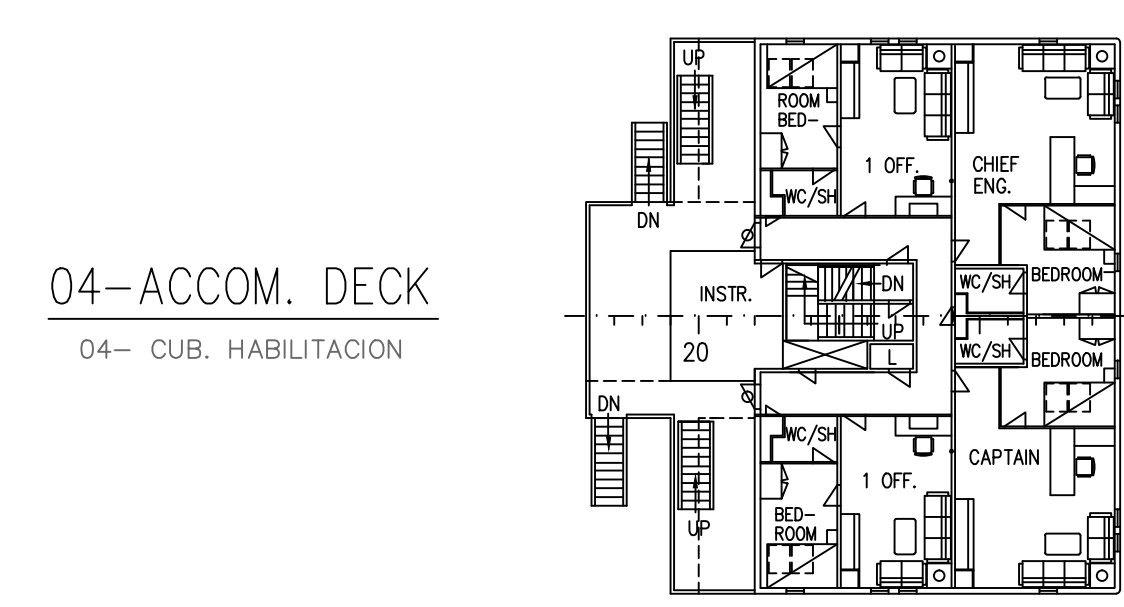
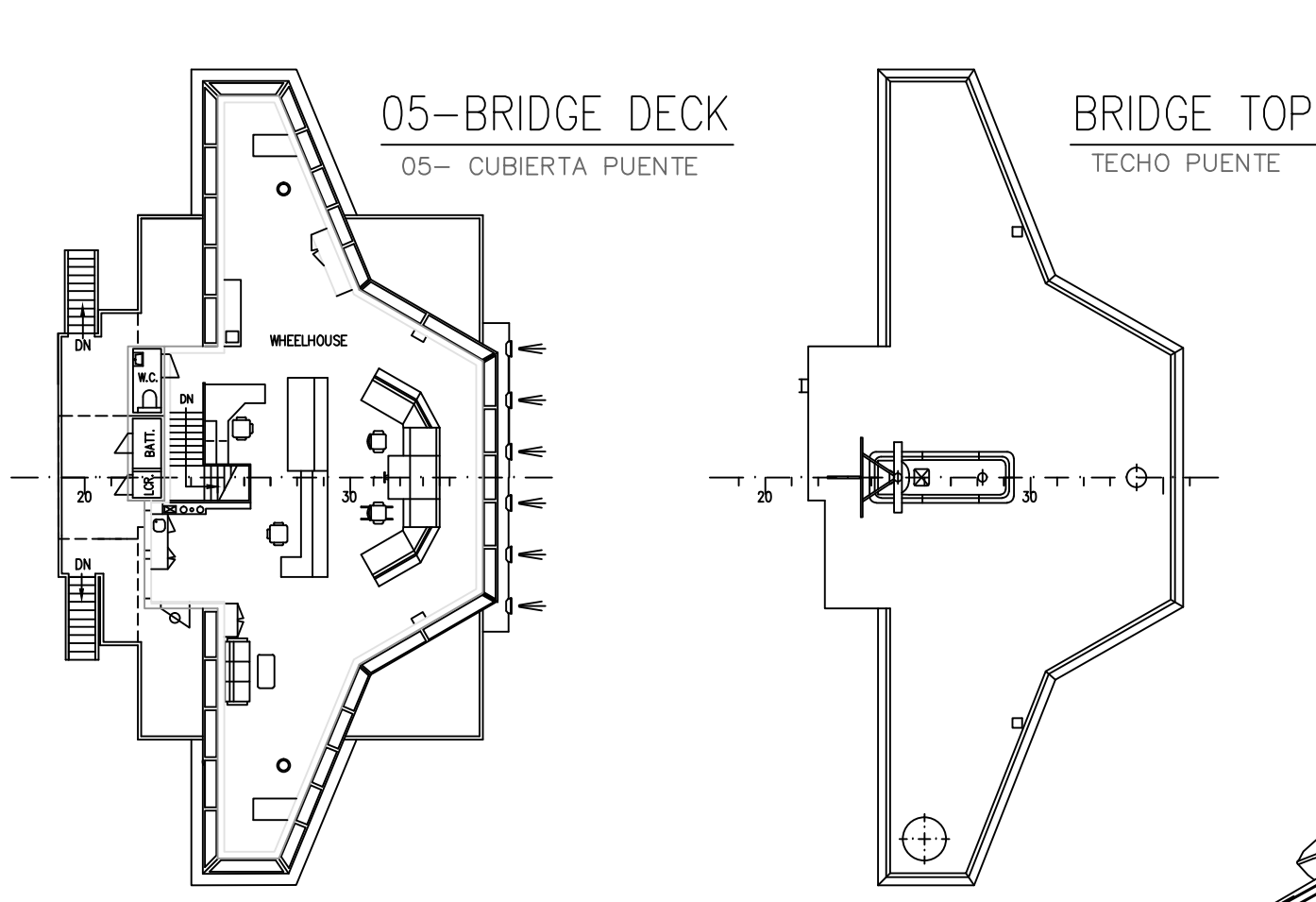
CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	aprox. 144.05 m
ESLORA E. PERPENDIC.	133.80 m
MANGA DE TRAZADO	23.00 m
PUNTA DE CONSTRUCC.	12.40 m
CALADO DE PROYECTO	8.40 m
CALADO ESCANTILLONADO	9.50 m

PRINCIPAL PARTICULARS

LENGTH over all	abt. 144.05 m
LENGTH betw. perp.	133.80 m
BREADTH mid.	23.00 m
DEPTH mid.	12.40 m
DRAUGHT, design	8.40 m
DRAUGHT, scantling	9.50 m

Universidad de Cantabria			NOMBRE DEL PROYECTO	
E.T.S. de Náutica			INSTALACIÓN DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LASTRE EN UN BUQUE	
FECHA		NOMBRE		TANKER FOR CHEMICALS PRODUCTS - 16000 DWT.
DIBUJADO		12-09-01 Juan Avila		ORIGEN DEL PLANO EXTERNO
MODIFICADO		14-06-15 AGC		PLANO N° 003
SUSTITUYE		A		ESCALA 1:200
				HOJA 1
El plano original es propiedad de FACTORIAS VULCANO. El presente documento ha sido generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - ITN especialidad en propulsión y servicios del buque				



CARACTERISTICAS PRINCIPALES

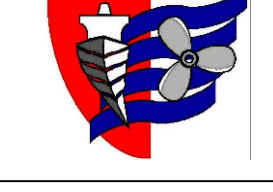
ESLORA TOTAL	aprox. 144.05 m
ESLORA E. PERPENDIC.	133.80 m
MANGA DE TRAZADO	23.00 m
PUNTA DE CONSTRUCC.	12.40 m
CALADO DE PROYECTO	8.40 m
CALADO ESCANTILLONADO	9.50 m

PRINCIPAL PARTICULARS

LENGTH over all	abt. 144.05 m
LENGTH betw. perp.	133.80 m
BREADTH mid.	23.00 m
DEPTH mid.	12.40 m
DRAUGHT, design	8.40 m
DRAUGHT, scantling	9.50 m

Universidad de Cantabria

E.T.S. de Náutica



NOMBRE DEL PROYECTO

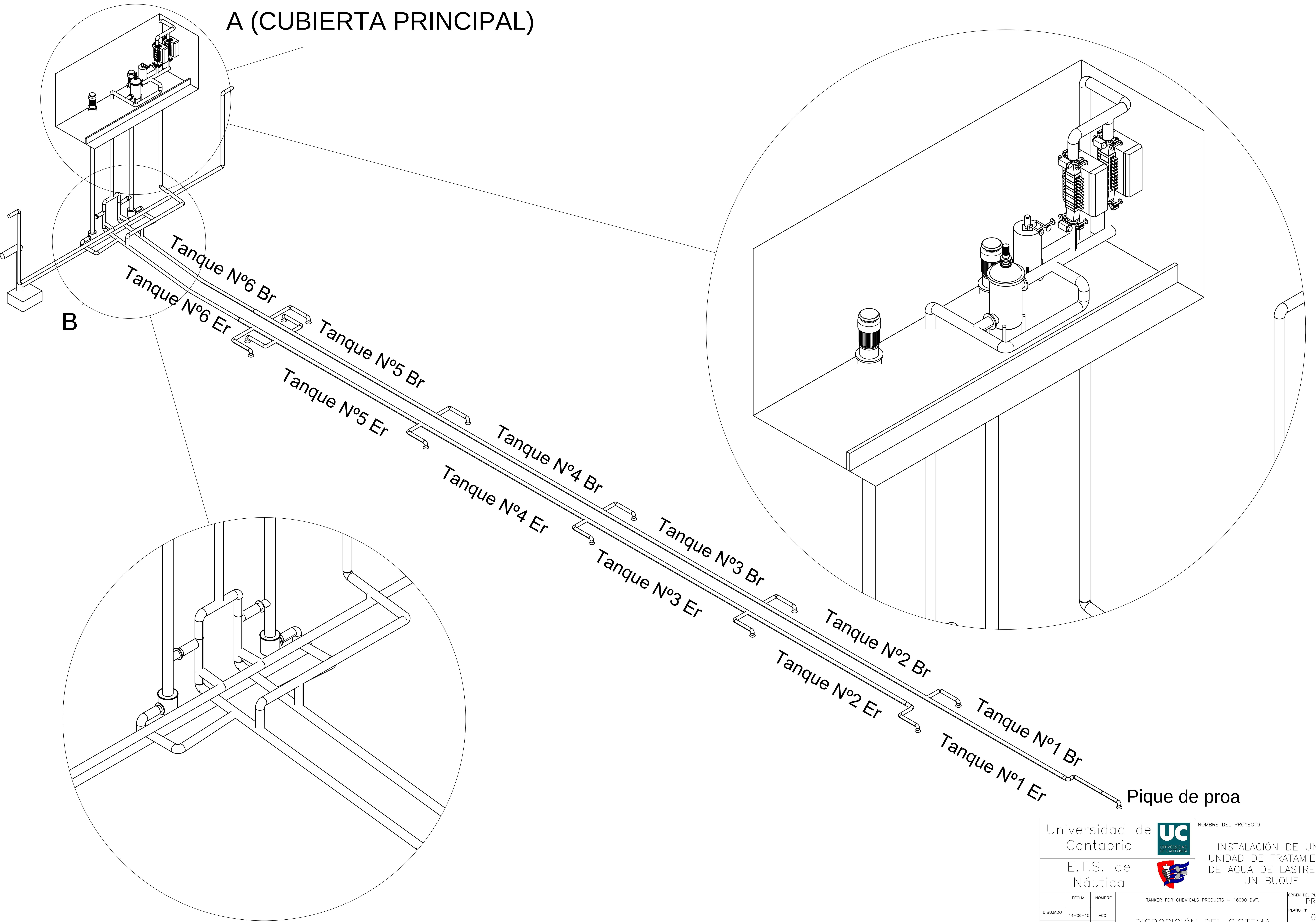
INSTALACIÓN DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LASTRE EN UN BUQUE

FECHA	NOMBRE	TANKER FOR CHEMICALS PRODUCTS - 16000 DWT.	ORIGEN DEL PLANO MODIFICADO	
DIBUJADO	12-09-01 Juan Avila		PLANO N° 004	
MODIFICADO	14-06-15 AGC		ESCALA HOJA	
SUSTITUYE	003		1:200	1 1

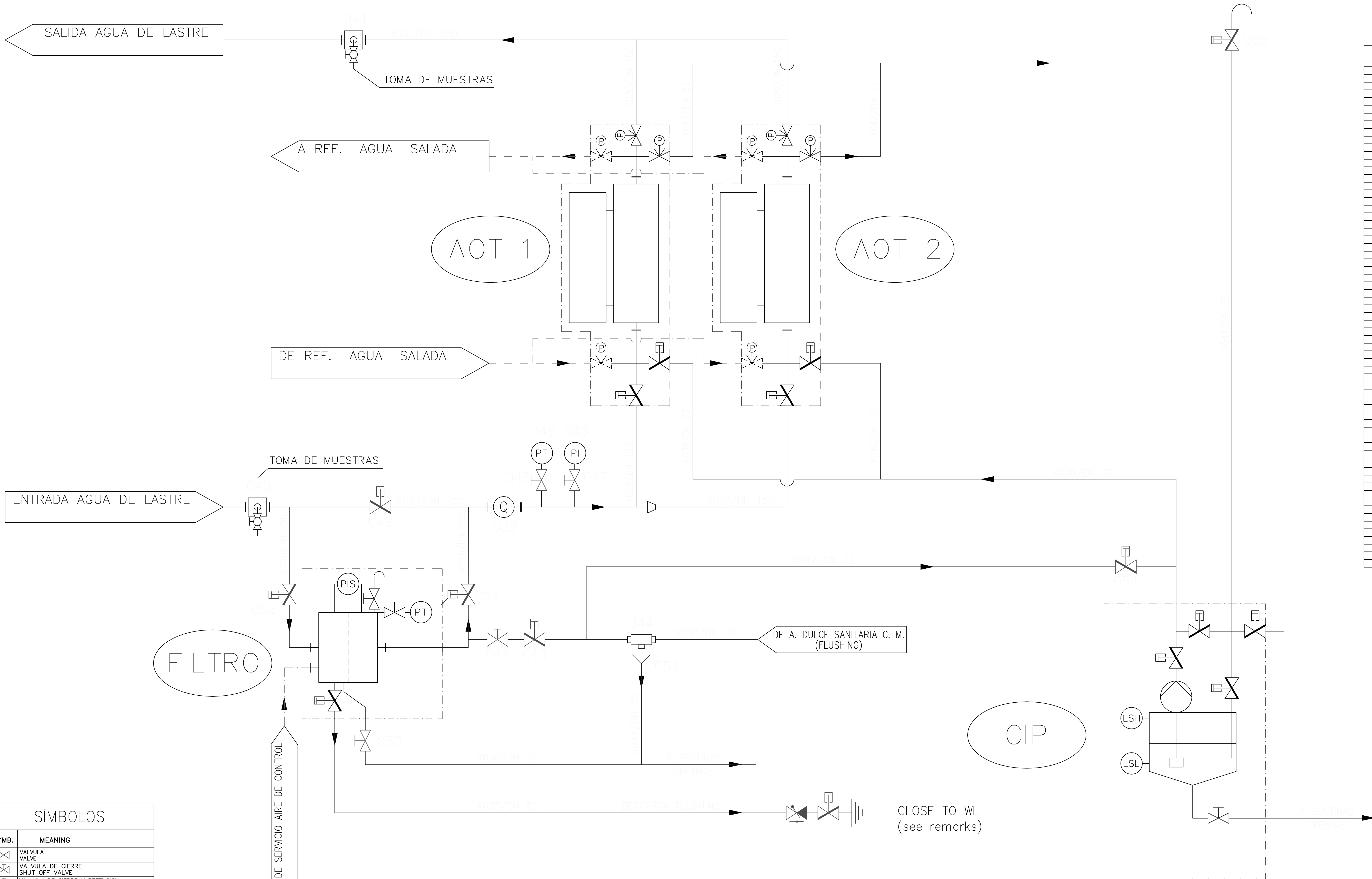
DISPOSICIÓN GENERAL

El plano original es propiedad de FACTORIAS VULCANO. El presente documento ha sido generado únicamente con fines académicos. Se presentará como plano en proyecto fin de carrera - ITN especialidad en propulsión y servicios del buque

A (CUBIERTA PRINCIPAL)



Universidad de Cantabria		UC		NOMBRE DEL PROYECTO	
E.T.S. de Náutica		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		INSTALACIÓN DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LASTRE EN UN BUQUE	
FECHA		NOMBRE		ORIGEN DEL PLANO	
DIBUJADO		14-06-15		PROPIO	
MODIFICADO		AGC		PLANO Nº 005	
SUSTITUYE		A		ESCALA	
				1	
				1	



LISTA DE VÁLVULAS			
REFERENCIA	TIPO	DN	PN
2	Soplado hielo	450	10
3	Mariposa	450	10
4	Mariposa	450	10
5	Codo de langos	450	10
6	Charnela	250	10
7	Mariposa	250	10
8	Charnela	250	10
9	Mariposa	250	10
10	Charnela	250	10
11	Mariposa	250	10
12	Charnela	250	10
13	Mariposa	250	10
14	Mariposa	250	10
15	Mariposa	250	10
16	Mariposa	250	10
17	Mariposa	250	10
18	Mariposa	250	10
19	Mariposa	250	10
20	Mariposa	250	10
21	Mariposa	250	10
22	Mariposa	250	10
23	Mariposa	250	10
24	Mariposa	250	10
25	Mariposa	250	10
26	Mariposa	250	10
27	Mariposa	250	10
28	Mariposa	250	10
29	Mariposa	250	10
30	Mariposa	250	10
31	Mariposa	250	10
32	Mariposa	250	10
33	Mariposa	250	10
34	Mariposa	250	10
35	Mariposa	250	10
36	Mariposa	250	10
37	Mariposa	250	10
38	Mariposa	250	10
39	Caudalímetro	250	10
40	Tapa de muestras	250	10
41	Tapa de muestras	250	10
42	Válvula de cierre	32	10
43	Mariposa	32	10
44	Tapa de muestras	32	10
45	Válvula sensor		10
46	temperatura		10
47	Válvula sensor		10
48	Sensor presión		10
49	Mariposa	250	10
50	Válvula de cierre	40	10
51	Purga	25	10
52	Mariposa	250	10
53	Mariposa	250	10
54	Mariposa	32	10
55	Mariposa	32	10
56	Mariposa	250	10
57	Mariposa	250	10
58	Mariposa	250	10

SÍMBOLOS	
SYMB.	MEANING
	VALVULA VALVE
	VALVULA DE CIERRE SHUT OFF VALVE
	VALVULA DE CIERRE Y RETENCION NON-RETURN SHUT OFF VALVE
	VALVULA DE CHARNELA SWING CHECK VALVE
	VALVULA DE MARIPOSA BUTTERFLY VALVE
	VALVULA DE COMPUERTA GATE VALVE
	ACTUADOR CONTINUO CONTINUOUS ACTUATOR
	ACTUADOR ON-OFF ACTUATOR ON-OFF
	INSTRUMENTO MONTADO "IN SITU" INSTR. MOUNTED LOCAL
	INSTRUMENTO MONTADO EN CENTRAL INSTRUMENT MOUNTED IN CENTRAL
	BOMBA PUMP
	EYECTOR EJECTOR
	DESCARGA AL COSTADO OVERBOARD
	CAMPANA DE ASPIRACION SUCTION BELL
	FILTRO MUD BOX

Universidad de Cantabria

E.T.S. de Náutica

NOMBRE DEL PROYECTO

INSTALACIÓN DE UNA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LASTRE EN UN BUQUE

FECHA

14-06-15

AGC

NOMBRE

TANKER FOR CHEMICALS PRODUCTS - 16000 DWT.

ORIGEN DEL PLANO

PROPIO

PLANO N°

006

MODIFICADO

ESCALA

1

SUSTITUYE

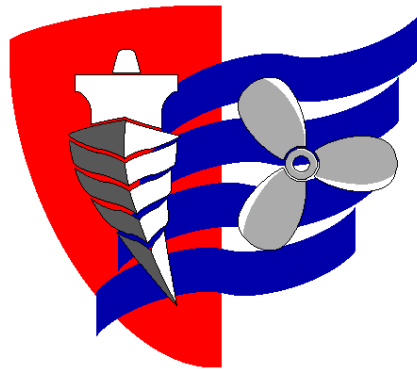
A

DIAGRAMA DE FLUJO

1

1

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CUADERNO 5

PRESUPUESTO

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50.5.0	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 89

5. Presupuesto

Tarifas por horas:

- Precio/hora trabajador cualificado: 30€/h
- Precio/hora técnico especializado: 45€/h
- Precio/hora grúa: 70 €/h
- Maquinaria del taller: 90 €/h

Se consideran jornadas de 10h.

Tarifas de tubería:

Precio por metro:

- DN25: 50 €/m
- DN32: 55 €/m
- DN40: 60 €/m
- DN50: 70 €/m
- DN80: 100 €/m
- DN150: 190 €/m
- DN250: 400 €/m
- DN300: 500 €/m
- DN450: 900 €/m

Estos precios se incrementarán de la siguiente forma:

- Tratamiento galvanizado: 5%
- SCH80: 10%
- Por codo o reducción: Precio de 1m

Otros:

- Precio acero: 2€/kg

Presupuesto de la tubería:

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50.5.0	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 90

Las siguientes líneas de tubería son reutilizables, y no supondrán un coste:

- X014
- X015
- X018
- X019
- X020
- X021
- X022
- X023

En cuanto al resto, calculamos su precio en función de las tarifas anteriormente expuestas. Los precios incluyen desmontar la tubería vieja y fabricar y montar la nueva:

REFERENCIA	DN	L (m)	CODO	REDU	SCH	TOTAL
1	450	12,47	1	1	SCH80	12.903,35 €
2	250	1,406	1	1	SCH80	647,68 €
3	250	8,695	1	1	SCH80	4.000,62 €
4	250	1,406	1	1	SCH80	647,68 €
5	250	8,695	1	1	SCH80	4.000,62 €
6	250	2,026	2		SCH80	932,88 €
7	250	2,026	2		SCH80	932,88 €
8	250	2,5	2		SCH80	1.150,92 €
9	250	2,5	2		SCH80	1.150,92 €
10	250	4,232	1		SCH80	1.947,18 €
11	250	2,486	1		SCH80	1.144,02 €
12	250	2,486	1		SCH80	1.144,02 €
13	250	4,232	1		SCH80	1.947,18 €
16	250	4,232	1		SCH80	1.947,18 €
17	250	4,232	1		SCH80	1.947,18 €
24	250	4,631	3		SCH40	1.946,28 €
25	250	10,81	1		SCH80	4.973,06 €
26	250	1,377			SCH40	578,34 €
27	150	2,694	1	1	SCH40	537,85 €
28	150	0,87			SCH40	173,57 €
29	150	0,6			SCH40	119,70 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50.5.0	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 91

30	150	0,6			SCH40	119,70 €
31	250	14,35			SCH40	6.027,84 €
32	250	2,439	1		SCH40	1.024,80 €
33	250	12,96	2		SCH80	5.963,44 €
34	250	17,22	2		SCH80	7.921,66 €
35	80	5			SCH40	525,00 €
36	40	17			SCH40	1.071,00 €
37	25	0,5			SCH40	26,25 €
38	32	9			SCH40	519,75 €
39	32	0,5			SCH40	28,88 €
40	32	0,3			SCH40	17,33 €
41	32	1,5			SCH40	86,63 €
42	32	0,3			SCH40	17,33 €
43	250	0,909			SCH40	381,78 €
44	250	1,53			SCH80	703,80 €
45	250	4,26			SCH80	1.959,60 €
46	250	31,79	1	1	SCH80	14.625,70 €
48	450	5,316	1		SCH40	5.024,57 €
50	250	0,514			SCH40	215,88 €
51	250	0,352			SCH80	161,92 €
52	250	0,924			SCH80	425,04 €
53	250	0,924			SCH80	425,04 €
54	250	31,79	1	1	SCH80	14.625,70 €
						106.671,72 €

Tabla 15 – Tarifa de tubería

El precio final por desmontar, construir y montar el sistema de tubería es de **106.671,72 €**.

Presupuesto de otros trabajos:

1. Sacar las bombas y montarlas en su nueva posición:

Horas operario	Horas grúa	Horas máquina	Materiales	PRECIO
60	6			2.220,00 €

2. Ampliar 1,3m la altura de la sala de bombas utilizando chapa de 10mm, incluyendo dos lumbreras en la parte superior:

Horas operario	Horas grúa	Horas máquina	Materiales	PRECIO
240	6	10	10.644,00 €	19.164,00 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: PR-50.5.0	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 92

3. Suministrar y montar etapas a las bombas de lastre:

Horas técnico	Horas grúa	Horas máquina	Materiales	PRECIO
40			5.000,00 €	6.800,00 €

4. Suministrar y montar 44 válvulas, certificadas cuando sea necesario:

Horas operario	Horas grúa	Horas máquina	Materiales	PRECIO
440	6		19.000,00 €	32.620,00 €

5. Suministrar e instalar el sistema PureBallast de Alfa Laval 500m³/h
(estimación): **400.000,00 €**

6. Instalación eléctrica. Conexión de todos los equipos y cuadros.

Suministrar y montar pasamamparos rotex para cables entre la sala de bombas y la sala de control:

Horas operario	Horas grúa	Horas máquina	Materiales	PRECIO
80			10.000,00 €	12.400,00 €

PRECIO TOTAL DE LA INSTALACIÓN:

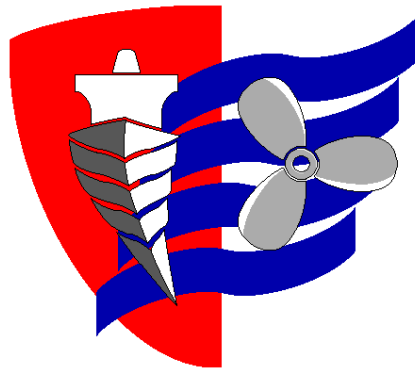
La suma total por realizar la instalación es de 579.855,72 €, precio de la mano de obra y los materiales incluyendo el Beneficio industrial (PME). A esto se le añaden los **Gastos Generales, licencias y trámites** (10%) y el **IVA** (21%):

Concepto	Importe
Realización de la obra	579.855,72 €
Gastos Generales, licencias y trámites	57.985,57 €
IVA	133.946,67 €
	771.787,96 €

Tabla 16 – Presupuesto final del proyecto

El presupuesto final del proyecto es de setecientos setenta y un mil setecientos ochenta y siete euros con 96 céntimos (**771.787,96 €**)

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CUADERNO 6

ANEXOS

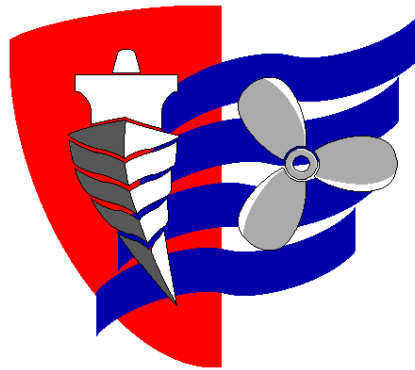
PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: AX-60.6.0	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 94

ANEXO II: Aviso responsabilidad UC

AVISO:

Este documento es el resultado del Proyecto de Fin de Carrera 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 Proyecto de Fin de Carrera así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CUADERNO 7
BIBLIOGRAFÍA

PROYECTO FIN DE CARRERA	REF: BI-70.7.0	
INGENIERO TÉCNICO NAVAL. PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE	FECHA: 13/07/2012	
	REV: 0	PÁG. 96

7 – BIBLIOGRAFÍA

- Hilliard R. (2005) “Best Practice for the Management of Introduced Marine Pests - A Review”. Publisher GISP
- Global Invasive Species Programme (2010). “El Manejo de Especies Invasoras en Ambientes Marinos & Costeros”.
- Globallast: Building Partnerships to Assist Developing Countries to Reduce the Transfer of Harmful Aquatic Organisms in Ships' Ballast Water [En línea] <http://globallast.imo.org/>
- Quevedo F. et al (1997) “Riesgos de transmisión del cólera por productos pesqueros: perspectiva regional en Sudamérica”. Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties (Paris). 16 (2), 673-683.
- Organización Marítima Internacional (2015), “Status of multilateral Conventions and instruments in respect of which the International Maritime Organization or its Secretary-General performs depositary or other functions”
- Robert L. Mott (2006), “Mecánica de fluidos”. Sexta edición. Pearson Prentice Hall.
- Bureau Veritas (2014), “Rules for the Classification of Steel Ships”. PART C – Machinery, Electricity, Automation and Fire Protection.
- Bureau Veritas (2014), “Rules for the Classification of Steel Ships”. PART D – Service Notations. Ch7 OIL TANKERS AND FLS TANKERS.
- Organización Marítima Internacional (2004), “Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques BWB”.
- Organización Marítima Internacional (1973), “Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques MARPOL”