



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

**“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS
BUQUES OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA”**

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

SECCIÓN NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

Presentado por

Héctor Díaz Delgado y Carlos Israel Moral Padrón

Dirigido por

Tutor: Servando Luis León

Cotutor: Federico Padrón Martín

Julio de 2019

“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA”

“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y OPDR ANDALUCÍA”



HÉCTOR DÍAZ DELGADO Y CARLOS ISRAEL MORAL PADRÓN

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

SEPTIEMBRE 2019

“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA”

D. Servando Luis León, Profesor Asociado del Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, hago constar:

D. Héctor Díaz Delgado, y D. Carlos Moral Padrón, han realizado el trabajo de fin de grado, bajo mi dirección, con el título:

**“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y
OPDR ANDALUCÍA”**

Revisado este trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado:

En Santa Cruz de Tenerife, a 31 de Julio de 2019



Fdo. Servando Luis León

Director del trabajo de fin de grado

“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA”

Dr. Federico Padrón Martín, Profesor contratado en el Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, hago constar:

D. Héctor Díaz Delgado, y D. Carlos Moral Padrón, han realizado el trabajo de fin de grado, bajo mi dirección, con el título:

**“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y
OPDR ANDALUCÍA”**

Revisado este trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado:

En Santa Cruz de Tenerife, a 31 de Julio de 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned centrally on the page.

Fdo. Federico Padrón Martín

Codirector del trabajo de fin de grado

Agradecimientos:

En primer lugar, agradecer a Don Servando Luis León, y a Dr. Don Federico Padrón Martín, por guiarnos y ayudarnos con la realización de este trabajo final de grado. A su vez, agradecer el interés y su atención mostrada, para impartirnos sus conocimientos a lo largo de estos años de estudio.

A nuestros tutores de prácticas profesionales, Dr. Don Alexis Dionis Melián y a Don Santiago José Rodríguez Sánchez, por impartirnos prácticas profesionales optativas en instalaciones energéticas simuladas y por facilitarnos la búsqueda de empresas para la realización de nuestras prácticas profesionales obligatorias en instalaciones energéticas marinas.

A la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, por brindar al alumno Héctor Díaz Delgado realizar las prácticas en su sede, y en especial a Santiago Yanes, Jefe de Unidad de edificación e Instalaciones Industriales, por impartirme sus conocimientos e ideas, por ser un gran profesional, y un ejemplo a seguir, y por darme la oportunidad de conocer diferentes sectores dentro del ámbito marítimo.

A la empresa “Talleres Quintana” por otorgar al alumno Carlos Israel Moral Padrón gran cantidad de conocimientos durante su estancia en dicho taller realizando las practicas externas, abriéndome las puertas a un futuro laboral con el que empatizo profundamente.

Agradecer a todos los profesores que, a lo largo de estos años, nos han impartido clases, en las diferentes asignaturas de esta carrera, con los que hemos aprendido y aumentado nuestros conocimientos en esta profesión.

Para finalizar, agradecer a nuestra familia, parejas y amigos, los cuales nos han apoyado a lo largo de esta etapa, confiando en nosotros, haciéndonos creer que podríamos finalizar nuestros estudios.

Muchas gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	19
II.	OBJETIVOS	27
III.	REVISIÓN Y ANTECEDENTES	31
	3.1 EVOLUCIÓN DE LAS AGUAS DE LASTRE, DENTRO DEL SECTOR NAVAL	33
	3.2 ORGANISMOS QUE SE ENCUENTRAN EN LAS AGUAS DE LASTRE	38
	3.3 PROBLEMAS DE LAS ESPECIES INVASORAS	45
	3.4 ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE LAS AGUAS LASTRE	47
	3.4.1 NORMATIVA DEL CONVENIO	48
	3.4.2 ANEXOS DEL CONVENIO	51
	3.5 TRATAMIENTO DE AGUAS DE LASTRE (BWS)	54
	3.5.1 FASES DEL TRATAMIENTO DEL AGUA DE LASTRE	55
	3.5.2 SISTEMAS PARA EL TRATAMIENTO	56
IV.	METODOLOGÍA	65
	4.1 DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA	67
	4.2 METODOLOGÍA DEL CAMPO DE TRABAJO	67
	4.3 MARCO REFERENCIAL	67
V.	RESULTADOS	69
	5.1 CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE	71
	5.2 JUSTIFICACIÓN PARA INSTALAR UN SISTEMA BWS	77
	5.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA EN LA PLANTA	80
	5.3.1 EQUIPOS PROPUESTOS PARA INSTALAR	81
	5.3.2 INGIENERÍA	94
	5.3.3 EJECUCIÓN	110
	5.3.4 CERTIFICACIÓN	112
	5.4 IMPACTOS ADICIONALES	114
	5.5. PROPUESTA FINAL	119
VI.	CONCLUSIONES	121
VII.	BIBLIOGRAFÍA	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 01: Descarga de agua de lastre en puerto	33
Ilustración 02: Proceso de carga y descarga del agua de lastre	35
Ilustración 03: Ejemplo de sistema de tratamiento de aguas de lastre	36
Ilustración 04: Niveles de existencia del dinoflagelado	37
Ilustración 05: Ejemplo especie invasora “Caulerpa Taxifolia”	38
Ilustración 06: Ejemplo especie invasora “Dreissenapolyomorpha”	40
Ilustración 07: Ejemplo de la especie invasora “Charybdis japónica”	42
Ilustración 08: Ejemplo de la especie invasora “Didemnum vexillum”	43
Ilustración 09: Ejemplo de la especie invasora “Asterias amurensis”	43
Ilustración 10: Ejemplo de la especie invasora “Perna viridis”	44
Ilustración 11: Ejemplo de la especie invasora “Mytilopsis sallei”	45
Ilustración 12: Distribución de virus en los océanos por agua de lastre	47
Ilustración 13: Esquema básico de un sistema de tratamiento del agua de lastre	56
Ilustración 14: Ejemplo de un filtro para el agua del lastre	58
Ilustración 15: Sistema UV para el tratamiento del agua de lastre	62
Ilustración 16: Costado lado estribor buque OPDR ANDALUCÍA	71
Ilustración 17: Imagen costado buque OPDR	71
Ilustración 18: Vista del OPDR CANARIAS	72
Ilustración 19: Vista del OPDR ANDALUCÍA	73
Ilustración 20: Rutas OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA	74
Ilustración 21: Bombas de lastre nº1 y nº2, del buque OPDR ANDALUCÍA	76
Ilustración 22: Funcionamiento sistema de tratamiento de agua de lastre	81
Ilustración 23: Sistema PUREBALLAST 3.1	83

Ilustración 24: Filtro del PUREBALLAST 3.1	85
Ilustración 25: Reactor del PUREBALLAST 3.1	86
Ilustración 26: Gabinete de accionamiento de antorcha, PUREBALLAST 3.1	86
Ilustración 27: CIP del PUREBALLAST 3.1	87
Ilustración 28: Cabina de control del PUREBALLAST 3.1	88
Ilustración 29: Sistema AQUARIUS UV WÄRTSILÄ	90
Ilustración 30: Características de los diferentes modelos del Aquarius UV	91
Ilustración 31: Concepto funcionamiento del sistema AQUARIUS UV	92
Ilustración 32: Ejemplo de un sistema modular, PUREBALLAST 3.1	95
Ilustración 33: Sistema Compacto PUREBALLAST 3.1	96
Ilustración 34: Sistema BWS, en container, para ubicar en cubierta	96
Ilustración 35: Ejemplo de escaneado 3D	99
Ilustración 36: Plano costado sala de máquinas OPDR ANDALUCÍA	100
Ilustración 37: Plano cámara de bombas del buque OPDR ANDALUCÍA	100
Ilustración 38: Espacio disponible, dentro de la cámara de bombas	101
Ilustración 39: Espacio disponible, dentro de la cámara de bombas	102
Ilustración 40: Plano sistema de toma de agua de mar, OPDR ANDALUCÍA	102
Ilustración 41: Acceso disponible para la cámara de bombas	103
Ilustración 42: Gancho disponible en la cámara de bombas	104
Ilustración 43: Cuadro de control del sistema de agua de lastre	105
Ilustración 44: Sistema de control de los tanques de lastre del buque	105
Ilustración 45: Plano representativo de la cantidad de tanques de lastre	107
Ilustración 46: Plano Sistema de lastre, buque OPDR ANDALUCÍA	108
Ilustración 47: Adaptación del sistema BWTS en el plano del sistema de lastre	109

Ilustración 48: Fases asociación con clientes	118
Ilustración 49: Foto oficinas OPDR	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Países contratantes convenio BWM (2018)	49
Tabla 02: Reglas que deben cumplir los buques, según fecha de construcción y capacidad del agua de lastre	52
Tabla 03: Requisitos de la regla D-2	54
Tabla 04: Sistemas para el tratamiento del agua de lastre	56
Tabla 05: Características buques OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA	72
Tabla 06: Características bomba de lastre	75
Tabla 07: Características motor eléctrico de la bomba de lastre	76

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

La migración de especies es un proceso que ha tenido lugar durante años con motivo de las actividades humanas, este movimiento ha ido en aumento debido a la globalización y todos los avances en el ámbito tecnológicos relacionados con el transporte de cualquier tipo en estas últimas décadas.

Estas migraciones han propiciado el aumento de riesgos en los ecosistemas y entornos naturales propios de los rasgos invasivos que afectan a la fauna y la flora.

En cohesión con el tema a trabajar, gran parte de estas invasiones son producidas por los ejercicios marinos y, en gran medida, por las aguas de lastre de los buques empleadas para mantener la estabilidad y equilibrio.

Esta agua de lastre generalmente definida como “aguas de mar transportada por buques para garantizar estabilidad, asiento e integridad estructural” se incluye en una cadena de desastres ambientales que influyen directamente en el mantenimiento tanto de zonas de aguas interiores como alta mar, así como unos graves impactos económicos.

Se ha podido calcular que en todo el mundo se desplazan unos 13 millones de toneladas de agua de lastre al año. Por cada embarcación se pueden transferir varios centenares de litros acorde a las finalidades y dimensiones del buque.

Dichas aguas presentan en su composición sedimentos y microorganismos de distinta naturaleza en todas sus etapas de vida en relación con el puerto de destino que se llevará a cabo su liberación, propiciando así que se produzca dicha contaminación y las especies invasoras sean capaces de dañar la biodiversidad marina, la salud del ser humano, los ecosistemas de dicha zona y las actividades que se desempeñen ahí. Siendo un ejemplo de este tipo de atentado a la salud pública es el caso surgido en Perú en 1991 donde, de forma accidental, se descargó el virus de cólera (*Vibrio cholera*) que ocasiono la mortandad de una cifra superior a 5000 seres humanos.

Entre estas aguas se pueden llegar a transportar entre 6000 y 7000 animales, especies y vegetales, así como bacterias, virus y huevos de distintas especies. Asimismo, se puede entender a las aguas de lastre como el mayor medio de transporte marino de organismos a nivel global. De esta forma se pueden citar determinados especímenes de algas, medusas, dinoflagelados, cangrejos, ciertas especies de peces agresivas y moluscos

como la almeja china y el mejillón cebrá, así como organismos patógenos como la cólera mencionada anteriormente, siendo todos estos organismos foráneos más problemáticos en la actualidad.

Este problema se debe en gran parte al aumento del tráfico y expansión del comercio en los últimos años que, a pesar de todo esto, sigue en aumento haciendo posible que todavía no se haya llegado a su momento más peligroso. Estos efectos generados han sido bastante invasivos en diversas zonas del mundo, cuyos datos cuantitativos señalan que la cantidad de estas invasiones de carácter biológico siguen aumentando de forma bastante preocupante, creando zonas de invasión mucho más grandes.

Dicha expansión es actualmente conocida como una de las mayores amenazas al bienestar económico y ecológico del planeta. Mediante estas invasiones se llevan a cabo innumerables daños en la valiosa riqueza natural de la Tierra y su biodiversidad, con carácter generalmente irreversibles.

Los posibles daños que puedan suceder no solo han sido reconocidos y producto de preocupación para la Organización Marítima Internacional (OMI), incluso afectando también a la Organización Mundial de la Salud (OMS) derivando en la posibilidad de propagación de microorganismos causantes de enfermedades pudiendo derivar en epidemias.

Ante esta problemática, en 2004 se adoptó el Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y fue en 2007 cuando entró en vigor. Este tratado creado por la Organización marítima internacional se basa en el intento de detener la propagación de organismos patógenos y acuáticos perjudiciales vigentes en las aguas de lastre.

Para ello se hace uso de dos normas; La norma D-1 exige que el buque cambie el agua de lastre en mar abierto. De esta forma, se conseguirá que menor cantidad de organismos pueda sobrevivir, evitando que, en la posterior descarga del agua, se produzca una invasión en la zona en la que se efectúa.

La norma D-2 especifica que la gestión del agua de lastre permita a un número máximo especificado la cantidad de organismos que van a descargarse, así como que limite la descarga de algunos microbios perjudiciales para la salud humana.

“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA”

Asimismo, esta última normativa será aplicada de manera gradual con carácter obligatorio hasta su vencimiento el 8 de septiembre de 2024, de esta forma se incentiva a todos los buques a que cumplan con dicha normativa y se fomente la búsqueda de soluciones y alternativas ante este suceso, el cual será el objeto de este trabajo.

ABSTRACT

The migration of species is a process that has taken place for years due to human activities, this movement has been increasing due to globalization and all the advances in the technological field related to transport of any kind in these last decades.

These migrations have led to increased risks in the ecosystems and natural environments of the invasive features that affect the fauna and flora.

In cohesion with the subject to work, great part of these invasions is produced by the marine exercises and, to a great extent, by the waters of ballast of the used ships to maintain the stability and balance.

This ballast water, generally defined as "sea water transported by ships to guarantee stability, seating and structural integrity" is included in a chain of environmental disasters that directly influence the maintenance of both inland and offshore areas, as well as serious economic impacts.

It has been calculated that around 13 million tons of ballast water are displaced every year. For each vessel, several hundred liters can be transferred according to the purposes and dimensions of the vessel.

Said waters present in their composition sediments and microorganisms of different nature in all their stages of life in relation to the port of destination in which their release will take place, thus favouring the occurrence of such contamination and the invasive species are capable of damaging marine biodiversity, the health of the human being, the ecosystems of that area and the activities that are carried out there. Being an example of this type of attack on public health is the case that arose in Peru in 1991 where, the cholera virus (*Vibrio cholera*) was accidentally discharged, causing the death toll of more than 5,000 human beings.

Between these waters can be transported between 6000 and 7000 animals, species and plants, as well as bacteria, viruses, eggs or larvae of different species. Likewise, ballast water can be understood as the greatest means of marine transport of organisms worldwide. In this way we can cite certain species of algae, jellyfish, dinoflagellates, crabs, certain species of aggressive fish and molluscs such as the Chinese clam and the

zebra mussel, as well as pathogenic organisms such as the aforementioned anger being all these foreign organisms more problematic in the news.

This problem is due in large part to the increase in traffic and expansion of trade in recent years, which, despite all this continues to increase making it possible that it has not yet reached its most dangerous moment. These generated effects have been quite invasive in various areas of the world, whose quantitative data indicate that the number of these biological invasions continue to increase quite worryingly, creating much larger invasion zones.

This expansion is currently known as one of the greatest threats to the economic and ecological well-being of the planet. From these invasions innumerable damages are carried out in the valuable natural wealth of the Earth and its biodiversity, with generally irreversible character.

The possible damages that may happen have not only been recognized and are a product of concern for the International Maritime Organization (IMO), but have also affected the World Health Organization (WHO), since there is the possibility of spreading microorganisms that cause of diseases that may lead to epidemics.

Faced with this problem, in 2004 the International Convention for the control and management of ballast water was adopted and it was in 2007 when it entered into force. This treaty created by the International Maritime Organization is based on the attempt to stop the spread of harmful pathogenic and aquatic organisms in the ballast waters.

To do this, two rules are used; The D-1 standard requires the ship to change the ballast water in the open sea. In this way, it will be possible for a smaller number of organisms to survive, preventing an invasion in the area where it is carried out in the subsequent discharge of the water.

Standard D-2 prescribes that ballast water management restricts to a specified maximum the number of viable organisms allowed to be discharged, as well as limiting the discharge of certain indicator microbes that are harmful to human health.

In addition, this latest regulation will be applied gradually until mandatory expiration on September 8, 2024, thus encouraging all ships to comply with said regulations and encouraging the search for solutions and alternatives to this event., which will be the object of this work.

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

En este trabajo fin de grado, los 4 objetivos que nos hemos planteado, son los siguientes:

1.- Realizar un estudio convencional de los sistemas actuales para el tratamiento del agua de lastre y sus aplicaciones para los buques.



2.- Realizar un estudio de los sistemas actuales instalados en los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, en cuanto a sus sistemas para el procedimiento del agua de lastre.



3.- Plantear una estrategia de futuro a bordo de los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, que permita cumplir con la normativa vigente del agua de lastre.



4.- Estudiar la viabilidad de instalar estos sistemas de tratamientos del agua de lastre en los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA existentes.

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.

3.1 EVOLUCIÓN DE LAS AGUAS DE LASTRE, DENTRO DEL SECTOR NAVAL.

Las aguas de lastre aportan estabilidad y maniobrabilidad a aquellos buques que viajan libres de carga, o con una carga parcial, no suficiente, por lo que requieren mayor estabilidad debido a la situación del mar aportando una mayor seguridad. [2]

La terminología lastre, hace referencia a materiales sólidos (piedra, roca, arena, metal) o elementos líquidos (agua), que aportan peso en el fondo de la embarcación, para que esta entre en el agua hasta que fuese conveniente. [2]

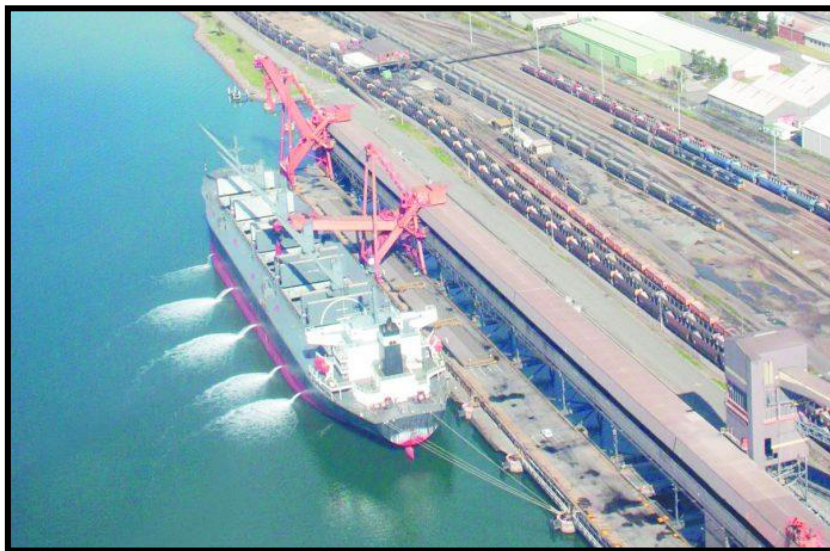


Ilustración N°1, Descarga de agua de lastre en puerto.

Fuente [62]

Se tiene constancia que el comienzo de uso del lastre data de que los Fenicios empezaron a utilizar el comercio marítimo, siendo estos quienes durante siglos emplearon el lastre “seco” (conformado por rocas y en menor medida arena o grava) hasta que a mitad del siglo XIX las embarcaciones de origen inglés comenzaron a utilizar el agua como medio de lastre, ocasionando de esta forma, el transporte indirecto de comunidades y especies invasivas de una región a otra. Es a finales de este siglo, cuando surgen las embarcaciones con cascos fabricados en aleaciones de acero, y los tanques con agua de lastre empiezan a tomar presencia en el panorama marítimo. De esta forma, a lo largo de los siguientes años empieza a utilizarse tanto lastre de carácter líquido como sólido. A

partir de ahí, el uso del lastre ha ido evolucionando progresivamente a medida del avance de la historia marítima, hasta la edad actual. [2]

Es en estos últimos años que el comercio mundial por vía marina ha aumentado considerablemente mediante el transporte de mercancía de una zona a otra, empleando para ello numerosos elementos de transporte marítimo conocidos como buques, gracias a ser uno de los medios que más capacidad y volumen permite a la par de ser respetuoso económicamente hablando. [1]

En la actualidad consta de más de un 80% del comercio mundial el transportado mediante esta vía, existiendo alrededor de 36000 embarcaciones mercantes navegando a lo largo y ancho de todos los océanos del mundo. [1]

En adición a esto, para que un buque pueda mantener su estabilidad y no llegue a hundirse, precisa de una serie de elementos que operen según el principio de Arquímedes el cual dice que “todo volumen inmerso en un fluido sufre un empuje vertical y hacia arriba equivalente al peso de fluido que desaloja”. [1-3]

De esta forma el empuje que se produce en un buque se equivale al peso del volumen de agua que desplaza y mediante esto se consigue que la embarcación consiga navegar y flotar sin hundirse. Es decir, siempre debe existir una compensación entre los pesos del agua que desplaza el casco y los pesos del buque, garantizando así la estabilidad y por ende su navegación. [1-3]

Estos elementos que permiten el peso necesario al buque son los sistemas de lastre y/o el peso del propio cargamento de la embarcación. [1-3]

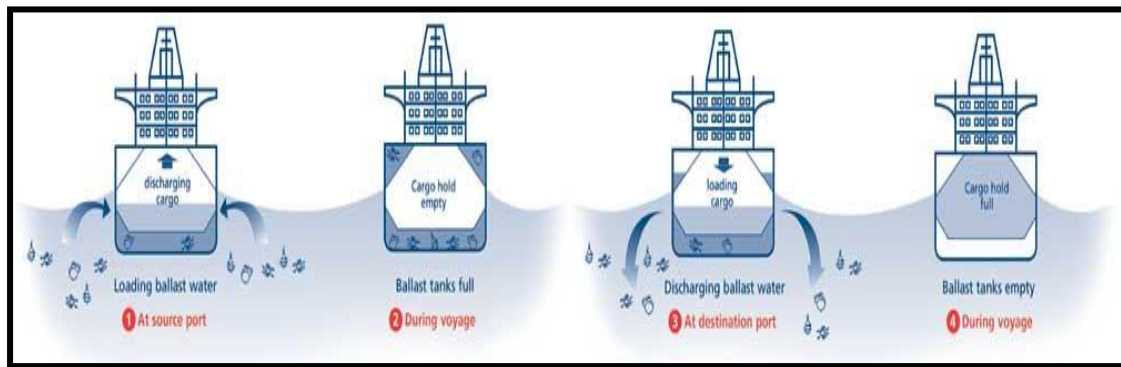


Ilustración Nº2. Proceso de carga y descarga del agua de lastre.

Fuente [5]

Se puede entender por lastre todo elemento de estado sólido líquido o gaseoso que se utiliza para disminuir o aumentar el peso de un cuerpo. Como se mencionó anteriormente, los primeros buques se cargaban con lastre de tipo sólido, en forma de arena metal o roca; hasta que en 1880 se reemplazan por agua, debido a su disponibilidad, carácter económico, rapidez, eficiencia, facilidad de acceso y capacidad para descargar y cargar. [1]

Mediante la Organización Marítima Internacional (OMI) se puede conocer que se promedia por vía marítima más de 15 mil millones de toneladas de agua de lastre por año. Estas embarcaciones cargan y descargan agua salada (en mayor medida) acorde a las necesidades que presenten según las operaciones, puertos y travesías que efectúen. [1-4]

Cada uno de estos buques presenta una serie de tanques donde se depositan las aguas de lastre conocidos como tanques de aguas de lastre, y la capacidad que estos permiten dependen del volumen aceptable de carga del buque y el tamaño de este, el cual puede oscilar entre varios centenares de litros hasta más de cien mil toneladas. [2-4]

Estas aguas de lastre son mayoritariamente procedentes del mar y cargadas de forma directa en el puerto donde parte el buque y descargadas en el puerto de destino. Dicho método se lleva a cabo mediante el llenado de los tanques, ya sea de forma parcial o total, acorde a la cantidad de peso de carga que lleva. Si esta carga no existe o es de carácter nulo, el llenado deberá ser total, si se carga completamente no deberá haber

llenado y, si por otro lado su carga es parcial, el llenado deberá serlo en igual medida. [2-1]

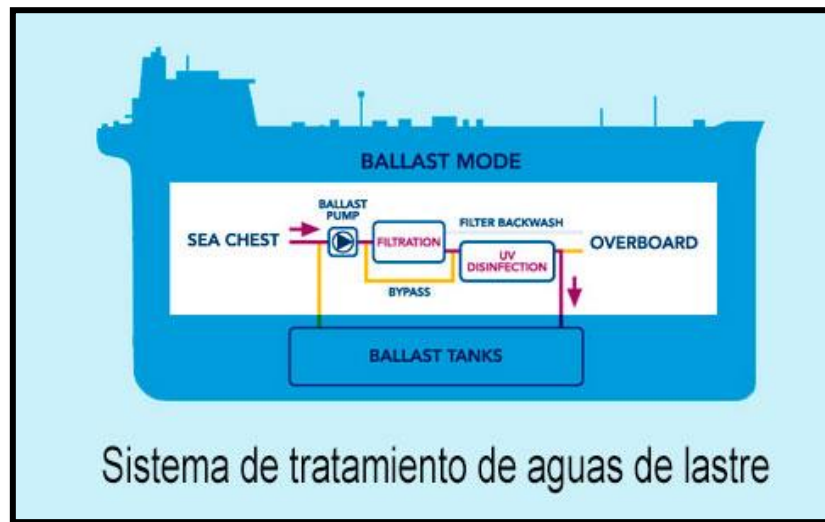


Ilustración N°3. Ejemplo de sistema de tratamiento de aguas de lastre.

Fuente [63]

Aunque el agua de lastre garantiza el asiento, la estabilidad, flotabilidad y la estanqueidad, se considera como uno de los 3 factores más contaminantes del mar a nivel mundial ya que al tomar agua de mar en el puerto en el que se encuentra, de forma indirecta e involuntaria se introducen organismos exógenos presente en ecosistema marino vigente en dicha agua. [2]

Se puede calcular que cada día cerca de 7000 especies se mueven de una zona a otra gracias a las aguas del lastre, provocando así una contaminación por invasión de las especies presentes en el agua tomada en el puerto de origen debido a su disonancia con el ecosistema de las aguas del puerto de destino. [2-1]

No todas los organismos ingeridos junto con las aguas de lastre consiguen subsistir debido a las condiciones a las que son sometidos en el interior de los tanques, (falta de luz, alimento, etc..) sin embargo, gran parte si lo consiguen gracias a la absorción de sedimentos ya que, un buque que cargue agua en zonas someras o exista una gran presencia de material sólido en suspensión permitirá que se deposite en el fondo de estos tanques, sirviendo de sustrato para la supervivencia de algunas especies como el caso de

los dinoflagelados, como puede ser el espécimen perteneciente al género “*Alexandrium Catenella*”, el cual está relacionado con la producción de mareas rojas. [1-4]

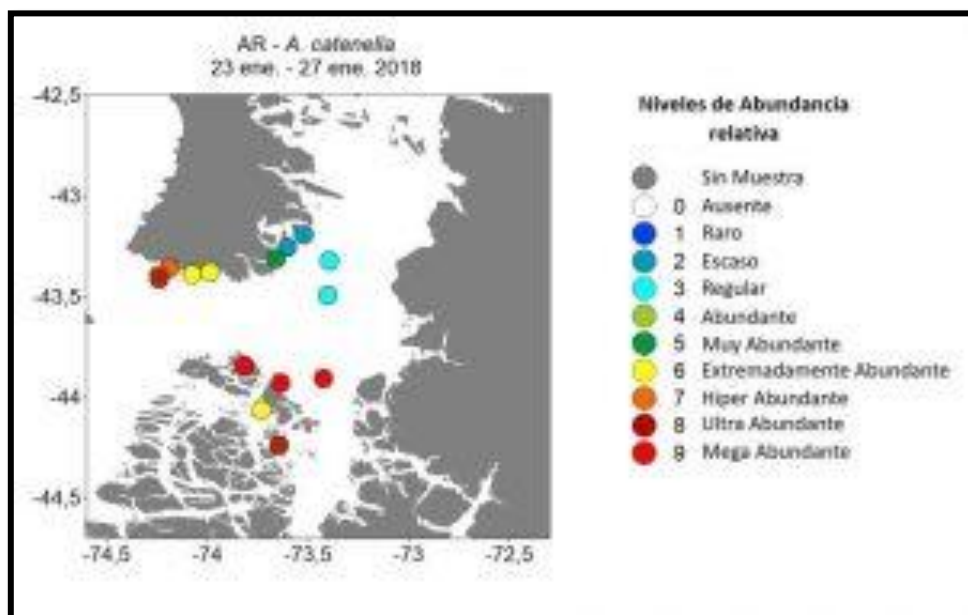


Ilustración N°4. Niveles de existencia del dinoflagelado “*Alexandrium Catenella*”.

Fuente [6]

Por este motivo, las aguas de lastre han sido consideradas, como el vector más significativo de dispersión de especies invasoras. [2]

Cabe destacar, que no se puede prescindir del tráfico marítimo, para evitar estas dispersiones de especies invasoras, ya que en torno al 80% del comercio mundial, se mueve por vía marítima, con una flota de más de 50.000 barcos, suponiendo un aumento progresivo del tráfico marítimo internacional cada año. [2]

A mayor capacidad del buque, mayor es la capacidad de admisión de agua de lastre. Teniendo en cuenta que al año se transfieren más de trece mil millones de toneladas de agua de lastre al año, y que un buque es capaz de llevar desde unos centenares de agua, hasta más de 130.000 toneladas de agua de lastre, y conociendo la cantidad de microorganismos que se encuentran en una sola gota de agua, podemos hacernos a la idea de la cantidad de elementos que navega en estos volúmenes de agua. [2]

Se estima, que, a nivel global, cada hora se transfiere más de 7.000 especies marinas, a través de las aguas de lastre. [2]

3.2 ORGANISMOS QUE SE ENCUENTRAN EN LAS AGUAS DE LASTRE.

Incluyendo estos tipos existe una división general conformada por flora y fauna:

Flora

Dentro de los antecedentes procedentes de las primeras invasiones se puede encontrar la “Odontellasinsis”, la primera alga de la que se tiene registro invasivo por agua de lastre que invadió el Mar del norte en 1903 procedente de la zona asiática con bastante facilidad para reproducirse. [1-7-8]

Seguidamente surgieron casos de algas en todo el mundo, como la (“Caulerpataxifolia”) conocida como alga asesina. Esto surgió en 1970, debido a que, tras una serie de experimentos para incrementar la dimensión y la resistencia del espécimen de origen tratando de decorar superficies como acuarios, El Museo Oceanográfico de Mónaco que ya disponía de acuarios con esta variedad modificada, depósito dicha especie en las costas del mar francés. [1-7-8]



Ilustración N°5. Ejemplo de la especie invasora “Caulerpa Taxifolia”.

Fuente [7]

De esta forma arrancó el desastre en el que la Riviera francesa, las islas españolas y las costas de Italia, se ven contaminadas por una especie exógena que destruye multitud de ecosistemas. [8]

Posteriormente, el organismo llegó hasta Croacia y ocupó un fondo marino de 3300 hectáreas de dicha costa. Esta alga siguió avanzando hasta llegar a zona española, concretamente la costa levantina mediante las aguas de lastre de los buques. Actualmente, esta alga supone un grave problema ecológico, debido a su capacidad para sobrevivir a factores adversos y su rápida expansión. [8]

Todas estas circunstancias le permitieron desarrollarse rápidamente y apartar otras especies endémicas como la Posidonia (Posidonia oceánica), mientras producto de las toxinas y sustancias inocuas para el ser humano que drena, destruye ecosistemas acuáticos enteros. [8]

Finalmente cabe destacar que esta especie, en las zonas que se desplaza, provoca empobrecimientos relacionados con el sector marino del 75%. Como este ejemplo tenemos la “Undariapinnatifida”, la cual es un alga marina de origen japonés introducida en Australia que en 1988 se pudo encontrar en las costas de Francia y Nueva Zelanda. [8]

Fauna

Entre las primeras especies invasoras tiene su origen mediante la navegación fluvial y es conocido como el mejillón cebra. (“Dreissenapolyomorpha”). Este molusco de agua dulce con origen en el mar Caspio llegó a Europa tras la colonización de los muelles de Londres a principio del siglo XIX y, desde este punto, consiguió expandirse por todo el continente. [8-9]



Ilustración N°6. Ejemplo de la especie invasora “Dreissena polymorpha”.

Fuente [9]

Tanto fue así, que en 1988 fue avistado en un lago de Detroit, la ciudad más grande del estado de Michigan, proclamándose en dicha fecha, una cantidad de 200 unidades por metro cuadrado. [8-9]

Tan solo un año después dicha cantidad se incrementó en 4600 ejemplares por metro cuadrado únicamente en este lago y en otro lago logró llegar a la increíble cifra de 760.000 por metro cuadrado en unos pocos meses de tal forma que, a través de lagos de mayor longitud, se ha instaurado en gran parte de ríos norteamericanos poblando alrededor del 40%. [8-9]

Esta especie posee tal cantidad de peligrosidad que a principios de este siglo consiguió llegar hasta la península ibérica, más concretamente en el curso bajo del Ebro debido de una embarcación que contenía aguas de lastre impregnadas por larvas de este molusco. [8-9]

Los primeros datos obtenidos en el mismo año que se produjo dicho incidente registraban una cifra de unos 500 ejemplares por metro cuadrado hasta que, al cabo de unos meses la población logro reproducirse de forma muy alarmante. [8]

En cuanto a las características de dicho molusco, a pesar de su diminuto tamaño, es capaz de producir grandes desequilibrios en los ecosistemas marinos ya que su alimentación se compone de fitoplancton, produciendo así una competición con bastante ventaja frente a otras especies debido a su gran capacidad para abarcar gran parte del fondo marino. [8-9]

Es en el Ebro, además, donde se ha encontrado la estancia de la almeja de origen chino (“*Curriculafluminea*”) desde 2006. Su tamaño ronda en torno a los dos centímetros cuando en fase desarrollada no suele pasar de los cinco. Este molusco es capaz de generar graves daños en la cadena alimenticia de gran cantidad de especies acuáticas, así como infraestructuras marinas, sin embargo, no tiene una capacidad de reproducción tan dañina como el mejillón cebra. [8-9]

Seguidamente atenderemos a las especies más conocidas capaces de trasladarse mediante la contaminación de tipo biológico. Aun así, existen muchas otras especies invasivas que suponen un serio problema a lo largo de todo el mundo:

- **Charybdis japónica**: Conocido comúnmente como el cangrejo nadador asiático cuyo origen como su nombre indica pertenece a los mares asiáticos orientales, más concretamente el pacífico noroccidental. [10-11]

Esta especie fue detectada en el año 2000 en Nueva Zelanda, y ha conseguido sobrevivir mediante el sustrato de algas frecuentes en el fondo marino. Esta variedad puede presentar el virus de la mancha blanca, la cual puede afectar a la biodiversidad del hábitat y, en seres humanos acarrear graves problemas para la salud. [12]



Ilustración N°7. Ejemplo de la especie invasora “Charybdis japónica”.

Fuente [13]

- **Didemnum vexillum**: Llamado generalmente Tunicado colonial o “tunicado alfombra” procedente del pacífico noroccidental. Este animal es una especie invasora que se incrusta al fondo marino, dispone de un crecimiento rápido (reproducción tanto sexual como asexual) y una gran facilidad para colonizar y apoderarse de todo el sustrato posible. [14-15]

Sus fragmentos tienen la capacidad de reproducirse, dispersarse, volver a unirse y desarrollarse. Esta especie supone un gran problema para las estructuras ya que como se mencionó anteriormente se adhiere a todo tipo de elemento. Se han observado rastros de este animal en el atlántico nororiental, noroccidental, pacífico noroccidental y Nueva Zelanda. [14-15]

Su principal peligro reside en la apropiación del hábitat de otras especies, desplazándolas o superándolas en número. [14-15]



Ilustración N°8. Ejemplo de la especie invasora “*Didemnum vexillum*”.

Fuente [16]

- **Asterias amurensis**: Conocida como Estrella de mar del Pacífico norte siendo como su nombre indica procedente de El Pacífico noroccidental, Japón, Corea y el este de Rusia. Su introducción invasiva en Australia data de 1986. Se trata de un depredador voraz de cualquier tipo de sustrato. Además, posee una prolífera capacidad reproductiva tanto así que se cuentan por millones actualmente. Tanto es así que se confunde con especies nativas y su diferenciación es bastante costosa (manchas de las armas y púas del cuerpo). [17-18]



Ilustración N°9. Ejemplo de la especie invasora “*Asterias amurensis*”.

Fuente [19]

- **Perna viridis**: También conocido como Mejillón verde asiático es originario del golfo pérsico, pasando por filipinas y los mares del Asia oriental, hasta la china oriental. Esta especie ha sido introducida en multitud de sitios entre los que podemos encontrar el caribe, atlántico sur y pacífico sur. Estos moluscos son capaces de soportar altísimas temperaturas, así como contenido de sal en el agua, poseen gran facilidad para dañar estructuras y desplazar a otras especies endémicas de dicha zona. [20-21]



Ilustración Nº10. Ejemplo de la especie invasora “Perna viridis”.

Fuente [22]

- **Mytilopsis sallei**: Este molusco es conocido como “Aliche” y es endémico del atlántico noroccidental, el sur y el caribe. Al igual que la especie anterior, soporta grandes cantidades de salinidad y temperatura. Asimismo, es capaz de reducir el correcto funcionamiento de infraestructuras incluso llegando a producir corrosión. Esta especie ha sido distribuida por lagunas costeras de Centroamérica y el caribe. Hoy en día está distribuida por puertos de la india y Hong Kong donde se han desplazado especies nativas típicas de sustrato duro. [23-21]



Ilustración N°11. Ejemplo de la especie invasora “Mytilopsis sallei”.

Fuente [24]

3.3 PROBLEMAS DE LAS ESPECIES INVASORAS.

Se puede considerar, que las especies invasoras, causan un daño ecológico, económico, y un riesgo para la salud humana, cuando estas se introducen en un nuevo ambiente de acogida, de donde no son nativas. [2]

Como parte de las aguas de lastre a bordo, la mayoría de las especies invasoras no van a poder sobrevivir, debido a las condiciones en las que se encuentran dentro de los tanques de lastre (falta de luz, alimento). Aun así, muchas de estas especies logran sobrevivir dentro de los tanques de lastre, y en algunos casos, se da la problemática de que se conviertan en especies invasoras. [1-2]

De esta forma podemos diferenciar una serie de factores que repercuten en el ámbito económico y social tanto del ser humano como del planeta tierra. [1-2]

Un factor económico:

En el que tanto el sector primario relacionado con la acuicultura y la pesca sufren debido a las especies invasoras o los agentes patógenos que transportan; de esta forma, existe una disminución en la producción y explotación de los bienes procedentes del

medio marino, generando pérdidas tanto al empresario tanto a pequeña escala como a gran escala.

De forma indirecta también se ve afectadas las actividades costeras y el turismo, ya que se producen extinciones de especies endémicas e instauración de otras más perjudiciales, obligando a generar más costes para el trato control o erradicación de estas, así como los daños a infraestructuras en muelles, puertos y cascos de los propios buques. [1-2-8]

Factor ecológico:

Estas especies exógenas transportadas mediante el agua de lastre pueden imponerse mediante la depredación ante las especies endémicas o nativas llevando a estas últimas ante su extinción o desplazamiento del hábitat. Estas intrusiones producen alteraciones en ecosistemas enteros, disipando los nutrientes o empeorando la calidad del agua, así como introduciendo parásitos o microorganismos patológicos que propagan enfermedades. [1-2-8]

Factor salud:

Como se ha mencionado anteriormente, esta invasión a un ecosistema puede afectar tanto a la salud de animales como seres vivos, ya que estas especies pueden ser portadoras de virus o bacterias perjudiciales para el bienestar de estos. [1-2-8]

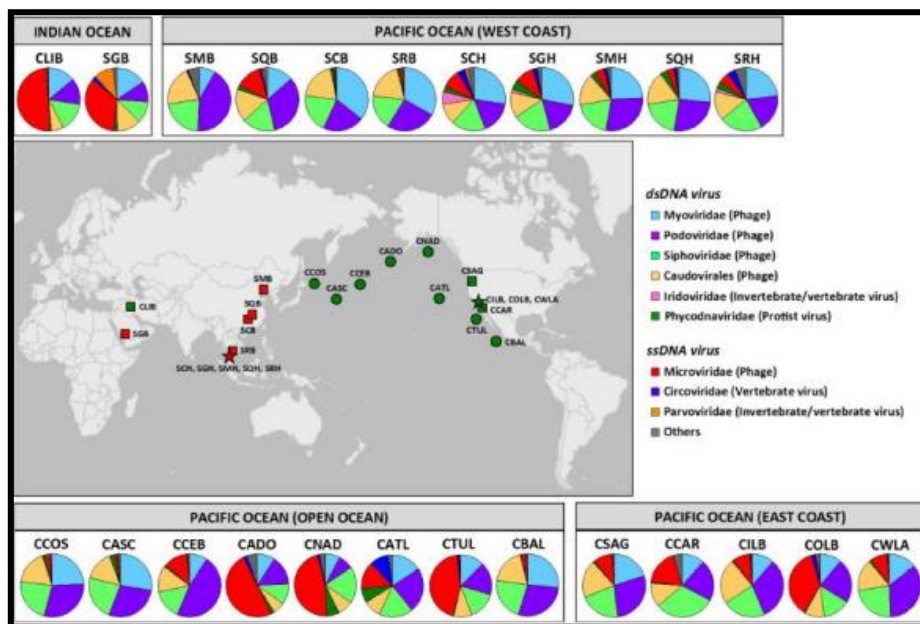


Ilustración N°12. Distribución de virus en los océanos por agua de lastre.

Fuente [25]

Estos agentes patógenos ponen en estado de alerta a la salud pública de los puertos donde hacen intrusión, siendo así el caso surgido en 1991, conocido como el brote de cólera en América Latina fruto del transporte y evacuación de aguas de lastre en estos puertos. [1-2-8]

3.4 ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE LAS AGUAS LASTRE.

En los últimos años los Gobiernos, administraciones, la industria del sector marítimo y la comunidad científica, han reconocido la existencia de un problema, respecto a las aguas de lastre y las especies invasoras y sedimentos. En este sentido, ambas partes, han aunado sus esfuerzos e interés, por establecer estrategias encaminadas para la gestión de aguas de lastre. [2-28]

La OMI, empezó a tomar parte del problema en 1992, hasta la creación de la “Convención Internacional para el Control y Gestión de las Aguas de Lastre y Sedimentos” en el año 2004. [28]

De manera muy resumida, se podría decir, que la intención de la OMI con este convenio es la de ‘Prevenir, minimizar y eliminar la transferencia de organismos acuáticos, peligrosos y patógenos a través del control y gestión de las aguas de lastre y sedimentos’. [2-28]

Este convenio, ha sido aceptado por varios gobiernos, y es el único instrumento legal válido para luchar contra este problema. [2]

Para ello, más de 30 países que ocupen como mínimo el 35% del arqueo bruto mundial referente a los buques, tienen que cumplir esta normativa, para que entre en vigor para el resto del mundo (tras transcurrir unos 12 meses). [2]

En el año 2015, 43 estados habían ratificado la convención, con un porcentaje un 32.54% del arqueo mundial. [26]

Finalmente, el convenio sobre la gestión de agua de lastre entró en vigor en septiembre de 2017, tras la participación de más de 52 estados contratantes, representando a más del 35% del arqueo bruto mundial. [27]

3.4.1 NORMATIVA DEL CONVENIO OMI.

Dentro de los ecosistemas marinos, las especies acuáticas invasoras constituyen una gran amenaza. El sector marítimo, contribuye a la propagación de estas especies invasoras, por distintos entornos marinos. [30]

Hoy en día, el tráfico marítimo ha aumentado en exceso, lo que ha llevado a una mejora considerable de los buques, los cuales utilizan cascos de acero, los cuales permiten a los buques usar agua como lastre, en vez de materiales sólidos. Esta agua de lastre utilizada es un factor importante a la hora de transportar especies invasoras de un océano a otro. [30-2]

“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA”

Según una diversidad de estudios realizados durante los últimos años, la aparición de especies invasoras en zonas que no son su hábitat natural ha aumentado exponencialmente, y se prevé un empeoramiento, si no se actúa para evitarlo. [30]

Para ello, se realizó un Convenio Internacional, para la “Gestión de agua de lastre y los sedimentos en los buques”, postulado el 13 de febrero de 2004, y puesto en vigor el 8 de septiembre de 2017. Dicho convenio tiene como principal objetivo evitar la transmisión de especies invasoras, tratados como especies acuáticas perjudiciales de cualquier región. [30]

Países contratantes convenio BWM				
Albania	Antigua y Barbuda	Argentina	Australia	Bahamas
Bangladesh	Barbados	Bélgica	Brasil	Bulgaria
Canadá	Congo	Islas Cook	Croacia	Chipre
Dinamarca	Fiji	Egipto	Estonia	Finlandia
Francia	Georgia	Madagascar	Alemania	Gaha
Grecia	Grenada	Honduras	Indonesia	Irán
Jamaica	Japón	Jordania	Kiribati	Nigeria
Niue	Noruega	Palaos	Panamá	Perú
Filipinas	Portugal	Qatar	Corea del Sur	Rusia
San Cristóbal y Nieves	Santa Lucía	Arabia Saudí	Serbia	Seychelles
Sudáfrica	Sierra Leona	Singapur	Sudáfrica	España
Suecia	Suiza	Siria	Tonga	Turquía
Trinidad y Tobago	Tuvalu	Emiratos Árabes		

Tabla Nº1. Países contratantes convenio BWM (2018).

Fuente [56]

Se establecen unas normas y una serie de directrices, para el control del agua de lastre en los buques y de sus sedimentos (BWM):

- Los buques, dentro del sector marítimo mercante, deberán realizar una gestión de sus aguas de lastre y sus sedimentos, los cuales se apoyarán en un plan de gestión de aguas de lastre para cada buque.

- Todos los buques deberán llevar a bordo, un libro que sirva como registro para las aguas de lastre, y un certificado internacional de la gestión de aguas de lastre.

- De manera preventiva, los buques cambiarán sus aguas de lastre en alta mar. No obstante, el objetivo principal es que cada buque instale un sistema de tratamiento de agua de lastre a bordo.

Este convenio, se divide en artículos, y en una cantidad de anexos que presentan normativas relativas al control de las aguas de lastres y sedimentos. [39]

Obligaciones generales:

En referencia al marco del artículo 2, los buques formando parte de este convenio, deben de comprometerse a seguir plenamente, las directrices, obligaciones y sugerencias del convenio y sus anexos. El objetivo principal de las Partes debe de ser el de prevenir, disminuir y en el mejor de los casos, eliminar, la afluencia de agentes patógenos y de organismos acuáticos perjudiciales, mediante los sistemas propuestos para la gestión de las aguas de lastre y sus sedimentos. [31]

Así mismo, los organismos pertenecientes al convenio deben de preocuparse de que las prácticas de gestión de aguas de lastre a bordo no dañen ni causen un riesgo perjudicial al medio ambiente, al ser humano, no deterioren los ecosistemas marinos, y perjudiquen a calidad del agua de los estados vecinos o propios, donde se pretenda prevenir este tipo de contaminación. [31]

Emplazamientos de recepción:

Haciendo referencia al artículo 5, los emplazamientos o instalaciones, ubicadas en tierra, puertos, u otros sistemas, deben de garantizar y verificar, que, a la hora de la realización de trabajos de recepción, o de limpieza y adecuación de los tanques de aguas de lastre de un buque, dispongan de las medidas de seguridad correctas, y de instalaciones adecuadas para la recepción de los sedimentos. [31]

Seguimiento continuo de la gestión de aguas de lastre:

El objeto del artículo 6, establece que, la obligación de cada buque es realizar unos trabajos de investigación continua y vigilancia de las gestiones de agua de lastre dentro del buque. Para ello, se anima a las compañías, que creen el hábito, de fomentar investigaciones de carácter científicos, individuales y colectivas, para controlar los efectos que producen, la gestión de las aguas de lastre, bajo la jurisdicción de cada buque. [32]

Inspecciones:

Según los artículos 7 (Reconocimiento y certificación) y artículo 9 (inspección de buques), se establece, que los buques pueden ser sometidos como objeto de reconocimiento e inspección, por personales del Estado de cada puerto. Estas inspecciones, verificarán:

- Certificaciones del buque.
- Inspecciones del libro de los registros de aguas de lastre del buque.
- Elaboración de un muestreo de las aguas de lastre.

En caso de algún problema, situación de riesgo o duda, el buque no podrá descargar el agua de lastre, hasta que se puede hacer, sin presentar un riesgo para el medio ambiente del puerto y la salud de los seres humanos, y los ecosistemas del puerto. [32]

3.4.2 ANEXOS DEL CONVENIO.

Sección A - Disposiciones generales.

Se establecen una serie de regulaciones, con sus definiciones responsabilidades, dentro del convenio. También se habla de la aplicación de la normativa, y de sus excepciones referente a las próximas secciones de los anexos. [33]

Sección B - Prescripciones de gestión y control aplicable a los buques.

Disponer de un plan de gestión de aguas a bordo, es necesario para los buques que formen parte del convenio, según la normativa. Este plan de gestión de aguas de lastre es único para cada buque, con sus diferentes medidas, registros de las aguas de lastre a bordo, tratamientos que se realicen, gestión de estas aguas, descargas accidentales de esta agua, entre otros puntos. [34]

A partir de ahí, se establecen una serie de medidas que deben de cumplir los buques, según su año de construcción y capacidad de lastre total. [34]

Una vez entrado en vigor el convenio, se exige cumplir una serie de reglas, las cuales se revisarán en las inspecciones. Para ello presentamos la siguiente tabla informativa:

Año construcción del buque	Reglas que se deben implementar y cumplir, según la capacidad del agua de lastre del buque.		
	Menos de 1500 m ³	Entre 1500 m ³ y 5000 m ³	Más de 5000 m ³
Antes de 2009	D1 y D2 (A partir de 2016)	D1 y D2 (A partir de 2014)	D1 y D2 (A partir de 2016)
Entre 2009 y 2012	D2	D2	D1 y D2 (A partir de 2016)
Después de 2012	D2	D2	D2

Tabla Nº2: Reglas que deben cumplir los buques, según fecha de construcción y capacidad del agua de lastre.

Fuente [34]

Sección C - Medidas adicionales.

Se pueden imponer una serie de medidas adicionales, siempre que una parte o un conjunto de partes lo quiera, a los buques. Para ello, los Estados adyacentes, tienen que

realizar estas normas adicionales que se quieran realizar, y comunicar a la OMI para la aprobación de dicha medida, con un periodo de tiempo. [35]

Sección D - Normas para la gestión aguas de lastre.

Se establecen una serie de normas para la realización de los procesos de cambio de agua de lastre de un buque, y para la eficacia dentro de las labores de gestión de las aguas de lastre a bordo. [36]

Regla D-1.- Normativa para el cambio de agua de lastre: Bajo esta norma, los buques a la hora de realizar un cambio de agua de lastre deberán hacerlo con un 95% de eficacia (como mínimo). Por lo que, a la hora de hacer cambios de agua de lastre, se pide como mínimo, realizar un 95% del cambio volumétrico del agua, en el interior de los tanques de agua de lastre. [36]

Regla D-2.- Normativa para la eficacia de la gestión de aguas de lastre: Según las propiedades del buque (tamaño y capacidad de los tanques de agua de lastre), se requerirá una cantidad mínima de organismos y microorganismos viables, entre otras cosas, que puedan descargar las maniobras con el agua de lastre. [36]

Regla D-3.- Prescripciones referentes a la aprobación de los sistemas de gestión de aguas de lastre: Especifica que los sistemas para la gestión de aguas de lastre a bordo deben estar aprobados por la OMI. [36]

Para el cumplimiento de la regla D-2, presentamos la siguiente tabla informativa:

Descarga de organismos viables	Exigencias de la OMI
Tamaño mínimo de 50 μm	Menos de 10 organismos por m^3
Tamaño mínimo de 50 μm	Menos de 10 organismos por ml
Descarga de microbios	Exigencias de la OMI
Vibrio cholerae toxicógeno	Menos de 1 <i>cfu</i> por cada 100 ml Menos de 1 <i>cfu</i> por cada gramo
Escherichia coli	Menos de 250 <i>cfu</i> por cada 100 ml
Enterococos intestinales	Menos de 250 <i>cfu</i> por cada 100 ml

Tabla N°3 Requisitos de la regla D-2.

Fuente [36]

Sección E - Prescripciones sobre reconocimiento y certificación para la gestión del agua de lastre.

Dentro de la gestión de las aguas de lastre, es necesario la realización de una serie de inspecciones periódicas, para el control de la gestión de las aguas. Para pasar estas inspecciones, se deberá cumplir una serie de directrices establecidas, y pasar unos requisitos de certificación para la gestión de las aguas de lastre. [37]

3.5 TRATAMIENTO DE AGUAS DE LASTRE (BWS).

Para cumplir, las normas impartidas por el convenio del agua de lastre, se proponen una serie de sistemas para tratar el agua de lastre. Estos sistemas tienen que estar verificados por la OMI, como sistemas óptimos para el tratamiento del agua de lastre, y que cumplan los requisitos mínimos especificados en la sección B del anexo. [34-30]

En los últimos años, multitud de empresas, están trabajando para ofrecer diferentes sistemas de tratamiento del agua de lastre. Muchos de estos sistemas, han pasado satisfactoriamente la fase de análisis y validación de la OMI. La OMI, facilita un documento con diferentes empresas, que ofrecen un sistema de tratamiento de aguas, donde se pueden obtener un amplio abanico de sistemas distintos. Estos sistemas, son diferenciados entre sistemas que utilizan sustancias activas (sustancias químicas), y sistemas que no utilizan esas sustancias. [34-30]

Podemos distinguir tres métodos convencionales, de los sistemas aprobados para tratar las aguas de lastre:

- Métodos mecánicos: Son sistemas utilizados principalmente para pretratar el agua, con sistemas de filtros, o centrifugado. Eliminan los organismos de mayor tamaño, y las partículas que están en suspensión. [38-2]
- Métodos químicos: Utilizan sustancias químicas para tratar el agua (Procesos de desoxigenación, tratamientos con ozono, con electrocloración). [38-2]
- Métodos físicos: Son sistemas, que realizan tratamientos al agua, con el objetivo de modificar físicamente las propiedades del agua, inactivando los organismos para eliminarlos (Tratamientos térmicos, por ultrasonidos o rayos UV). [38-2]
- Otros métodos: Se dispone de sistemas magnéticos o eléctricos para el tratamiento del agua de lastre, pero son menos utilizados actualmente. También se puede utilizar combinaciones de diferentes métodos nombrados anteriormente. [38-2]

3.5.1 FASES DEL TRATAMIENTO DEL AGUA DE LASTRE.

Generalmente, las distintas fases por las que pasará el agua de lastre, a la hora de su tratamiento, se puede diferenciar en:

- Fase de pretratamiento: Es el primer tratamiento al que se va a someter al agua de lastre, y consta de la eliminación de los organismos de mayor tamaño, los sedimentos y sólidos en suspensión, generalmente mediante el uso de métodos mecánicos. [39]

- Fase de tratamiento: Es la fase, donde se trata el agua previamente ya filtrada y pretratada. El objetivo de esta fase es la de eliminar los organismos de menor tamaño, que no pueden ser eliminados en el proceso de filtración. [39]
- Repetición de tratamiento: Estos procesos, es recomendado hacerlos cuando se toma el agua de lastre, y a la hora de la descarga, para así asegurarse de la correcta eliminación de los organismos. [39]

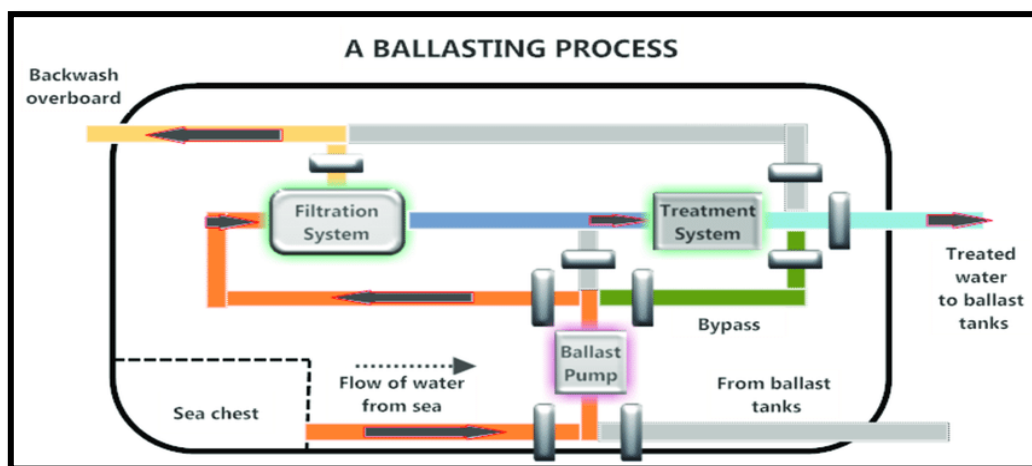


Ilustración N°13: Esquema básico de un sistema de tratamiento del agua de lastre, con un sistema de filtración, y un sistema de tratamiento.

Fuente [40]

3.5.2 TIPOS DE SISTEMAS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DE LASTRE.

Dentro de los distintos métodos de tratamientos del agua de lastre, divisamos una gran cantidad de sistemas.

Métodos Mecánicos	Métodos Físicos	Métodos Químicos
Filtración	Velocidad de bombeo	Cloro
Microfiltros	Altas temperaturas	Ozono
Filtración por centrifugación	Ultrasonidos	Glutaraldehído
	Radiación Ultravioletas	Hidrógeno
	Cavitación	Oxidación

Tabla 04: Sistemas para el tratamiento del agua de lastre. Fuente [2-41]

Fase de pretratamiento

La fase de tratamiento corresponde a las primeras intervenciones que se le aplican al agua de lastre, una vez se introduce esta al buque. Dentro de la fase de tratamiento, se intentan eliminar mediante el uso de filtros, bombas u otros métodos, los organismos mayores, y las partículas en suspensión que se encuentran dentro del agua. [41]

Filtración:

Corresponde a la aplicación de métodos mecánicos. Los filtros están compuestos normalmente, por medios porosos, los cuales son atravesados por el agua que se introduce al buque, para el tanque de lastre. El agua, al pasar por los filtros, deja la mayoría de las partículas flotantes, especies activas de mayor tamaño (Normalmente, las mallas de los filtros permiten captar hasta organismos de 50micras). [42]

Ventajas de la filtración: La filtración, es un elemento efectivo, con el que podemos eliminar en torno a un 95-98% de las partículas mayores que entran en con el agua del buque. [43]

Desventajas: Carga que supone los elementos de filtrado, por lo que se requiere una mayor potencia de las bombas de absorción de agua. Dependiendo del tipo de malla de los filtros, cuando más pequeños sean los orificios de la malla, más carga necesitarán las bombas y más obstrucciones se ocasionarán dentro de la malla, por lo que la fuerza de succión aumentaría. [43]

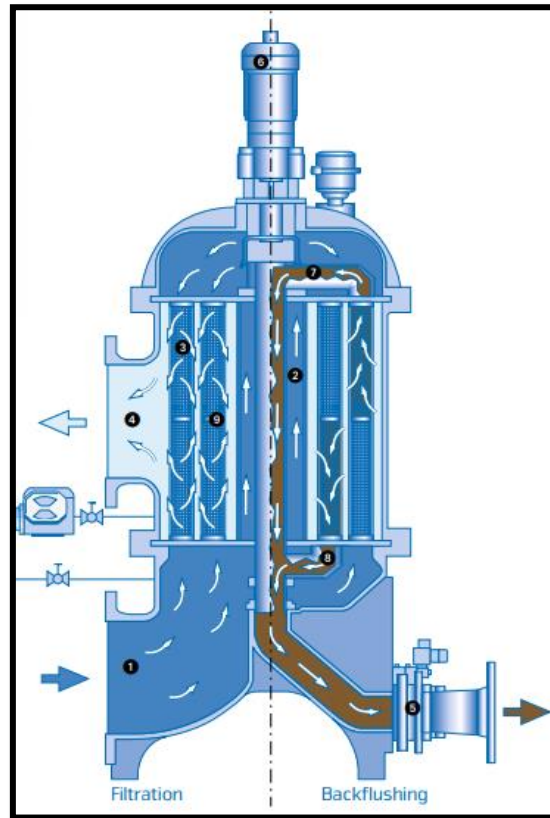


Ilustración N°14. Ejemplo de un filtro para el agua del lastre, de la compañía bollfilter.

Fuente [44]

Microfiltros:

Estos filtros, son los que se utilizan para poder filtrar los microorganismos que son menores de 80 micras. [45]

Los sistemas para la microfiltración del agua de lastre de un buque disponen de dos filtros, para la realización de su proceso de filtrado. El primer filtro, es más grueso (normalmente en torno a las 300 micras), con lo que retendrá las partículas mayores, seguido de un microfiltro (en torno a las 20-10 micras), con lo que se puede retener a una buena cantidad de microorganismos. Estos microfiltros, deben de limpiarse, debido a sus reducidos orificios, para que no se obstruyan. [45-43]

Filtración por centrifugación:

La filtración por centrifugación consta de un sistema con el que poder separar los microorganismos, con la acción de una fuerza centrífuga. Estos sistemas, generan una especie de ciclón con el agua, el cual hace una separación de las partículas sólidas, las cuales se desplazan a las paredes de la cámara. [47]

Las partículas sólidas, debido a la acción de la fuerza de la gravedad, se desplazan hasta el fondo del habitáculo, mientras que el agua sale por la parte superior, debido a la acción de centrifugación y al ciclón de agua que se genera. [47]

Este sistema no es el óptimo para instalar en los buques, ya que no genera una filtración exacta como los otros métodos mecánicos. La única diferencia respecto a los otros métodos es que este sistema requiere de menos carga, lo que se traduce en menos potencia generada para la introducción del agua a bordo del buque. [48]

Fase de tratamiento (químicos)

Tratamiento con cloración:

A la hora de desinfectar el agua, el cloro es uno de los elementos químicos más usados actualmente, por su capacidad para neutralizar diferentes tipos de microorganismos, y su bajo coste. Al realizar un tratamiento con cloro, se puede eliminar diferentes microorganismos, bacterias y virus (ya que la acción del cloro es capaz de romper las uniones químicas de las moléculas de estos elementos). También cabe destacar, que esta agua tratada con cloro debe de protegerse de los rayos del sol, ya que estos rayos podrían invertir el proceso de cloración, y hacer que no sea efectivo. [49]

A su vez, se distinguen distintos tipos de tratamiento con cloro, donde encontramos: Tratamientos por cloración de hipoclorito sódico, tratamientos por cloraminas. [49]

Tratamientos por Glutaraldehído:

Es un elemento ácido, con el cual se puede desinfectar las aguas, eliminando una gran variedad de microorganismos y especies activas. Cabe destacar, que para que este tratamiento surta efecto, debe de hacerse bajo unas condiciones de temperatura, y en proporciones adecuadas según la cantidad de agua que se va a tratar. [49]

Tratamiento de peróxido de hidrógeno:

Comúnmente conocido como agua oxigenada, resulta ser un buen elemento para tratamiento contra microorganismos, llegando a reducir un 100% el crecimiento de los distintos organismos y especies activas. Precisa de un tratamiento efectivo, pero con riesgos, ya que la reacción química produce un aumento considerado de oxígeno en el agua, lo cual atacaría a los elementos metálicos como el zinc y el latón creando corrosión. [49]

Tratamiento con ozono:

El ozono es un Gas muy inestable, que es capaz de eliminar virus y bacterias dentro de las aguas de lastre. Al usarlo como desinfectante, para que sea efectivo, deberá hacerse según unas proporciones adecuadas, y de una manera escalonada. Es recomendable, combinarlo con otro tratamiento como el de cloro. Cabe destacar, que es un método efectivo, pero precisa de un mayor espacio empleado a bordo, ya que el ozono precisa de un tanque de gas, es muy tóxico e inestable. [49]

Tratamiento tecnologías avanzadas de oxidación:

Este tratamiento, es capaz de romper las membranas de los microorganismos al instante, provocando una eliminación instantánea de los microorganismos o bacterias de las aguas que reciben este tratamiento. Una de las ventajas, es que esta reacción, no deja restos del tratamiento, lo que favorece la pureza del agua de lastre. [49]

Fase de tratamientos (físicos)

Tratamientos por velocidad de bombeo:

Dependiendo del aumento de la velocidad de bombeo que se le aplica a la hora de transportar el agua a bordo del buque, diferentes tipos de microorganismos no podrían resistir estas velocidades y se eliminarán debido a impacto mecánico. Este sistema, supone un mayor aumento de la carga de las bombas, al tener que trabajar con mayor velocidad de succión, además de que no llega a eliminar en gran parte a todos los microorganismos, por lo que precisará de algún otro componente para eliminar los microorganismos sobrantes. [50]

Tratamientos por alta temperatura:

Cuando se calienta el agua, por encima de los 45-50°C, los microorganismos mueren instantáneamente. Por debajo de estas temperaturas (superando los 40°C), los microorganismos mueren en minutos. Todo esto varía según el microorganismo o especie activa que se quiere eliminar. [51]

Disponer de un tratamiento por alta temperatura a bordo, es de fácil adquisición, ya que, elementos como el motor principal, generan mucho, por lo que es una energía sobrante a bordo. El inconveniente principal, sería los diferentes cambios de temperaturas a los que se vería sometidos el agua, y a cómo esta puede afectar a las cámaras de los tanques de agua y a sus materiales (límites térmicos del material). [51]

Tratamientos por radiación ultravioleta:

El uso de la radiación ultravioleta, para la eliminación de los microorganismos, consta de, focalizar una radiación lo suficientemente óptima, para eliminar los microorganismos (provoca daños fotoquímicos a los microorganismos). [52]

En base a esto, el daño aplicado a los microorganismos varía según las longitudes de las ondas empleadas de los rayos de luz ultravioletas. [52]

Una de las ventajas de este sistema, es que no deja ningún componente ni modifica el agua, por lo que, deja el agua prácticamente libre de contaminantes. Es una tecnología muy avanzada, y quizás de las óptimas para los tratamientos de agua de lastre a bordo. [52]



Ilustración N°15. Sistema UV para el tratamiento del agua de lastre.

Fuente [53]

Tratamientos por ultrasonidos:

Para realizar tratamientos del agua de lastre, con el uso de equipos de ultrasonidos, debemos de instalar una serie de elementos transceptores en las líneas de toma de agua, para que esta sea expuesta en su totalidad tras el paso por esas líneas a los ultrasonidos. [54]

Los ultrasonidos, provoca una serie de reacciones fatales para los organismos marinos, que acaban eliminándolos al cabo de un rato. Estamos ante un sistema que funciona de manera efectiva, pero a su vez no se ha investigado mucho su función a bordo de los buques, ya que hoy en día, se desconoce cuánto costaría económicamente la

instalación de un sistema de tratamiento de agua de lastre por ultrasonidos en un buque.
[54]

Tratamientos por cavitación:

Es un método parecido al explicado anteriormente, pero es realizado mediante una serie de burbujas de vapor, las cuales se provocan de una manera mecánica, tras una variación de las presiones, lo cual genera una carga energética. Este tratamiento, acaba con los agentes activos y los microorganismos, debido a los impactos que reciben las membranas moleculares de estos, desintegrando y eliminando a los organismos. [55]

IV. METODOLOGÍA

IV. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado, se ha empleado una metodología que se desglosará en los siguientes apartados.

4.1 DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Los documentos e información de interés, utilizadas para la realización de este TFG, consta de documentación obtenida a partir de una fuente bibliográfica proporcionada por diferentes páginas web, información procedente de libros, apuntes obtenidos en clase en los años transcurridos y la normativa vigente.

4.2 METODOLOGÍA DEL CAMPO DE TRABAJO.

El interés en el desarrollo de este proyecto nace a través de la curiosidad de conocer qué alternativas se pueden emplear, para cumplir la nueva normativa en torno al control y gestión de las aguas de lastre a bordo, aplicando dicho interés, a los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA.

4.3 MARCO REFERENCIAL.

La información proporcionada para nuestro marco referencial ha sido suministrada por la compañía naviera SCHULTE GROUP que lleva buques de OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, gestionados por BERNHARD SCHULTE CANARIAS S.A. que realizan sus trayectos entre las Islas Canarias y la Península Ibérica.

V. RESULTADOS

V. RESULTADOS.

5.1 CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE.

Los buques OPDR CANARIAS/ANDALUCÍA, está denominado como un buque CON-RO, el cual tiene una cubierta baja, destinada para el transporte de contenedores-rodantes. A su vez, la cubierta y bodega, donde se sitúa la carga rodada (automóviles, camiones). Estos buques gemelos se construyeron bajo la compañía OPDR CANARIAS S.A., pero actualmente pertenecen a SCHULTE GROUP, y son gestionados por BERNHARD SCHULTE CANARIAS S.A.



Ilustración Nº16. Costado lado estribor buque OPDR ANDALUCÍA.

Fuente: Trabajo de campo

Estos buques CON-RO, son casi idénticos, y disponen de las siguientes características:



Ilustración Nº17. Imagen costado buque OPDR.

Fuente [64]

“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA”

	OPDR CANARIAS	OPDR ANDALUCÍA
Bandera	Española	Española
Puerto base	S/C de Tenerife	S/C de Tenerife
Numero IMO	9331191	9331206
Tipo de buque	CON-RO	CON-RO
Año de construcción	2006	2007
Arqueo bruto	11197 t	11197 t.
Peso muerto	7282t	7238t
Eslora	145m	145m
Manga	22.2m	22.2m
Calado	MÁX. 6'1 m	MÁX. 6'1 m

Tabla Nº5. Características buques OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA.

Fuente [65, 66]

Como se puede apreciar, los buques OPDR ANDALUCÍA y OPDR CANARIAS, tienen un diseño similar, donde sus diferencias apenas son visibles, salvo su año de construcción y su número de identificación.



Ilustración Nº18. Vista del OPDR CANARIAS.

Fuente [65].



Ilustración Nº19. Vista del OPDR ANDALUCÍA.

Fuente [66]

Dentro de su apartado más técnico, el OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA disponen de la misma propulsión del motor principal, con estas características:

- Tipo de motor: MAK 12M32C, Diesel 4 tiempos.
- Disposición de cilindros: 12V
- Diámetro de pistón: 320mm
- Carrera 420mm
- Potencia efectiva: 6.000 kW
- Revoluciones: 720 rpm.
- Caballos: 7.830 HP

Además, los buques cuentan con tres generadores auxiliares Diesel (MAN D-2843), con una potencia de 620 kW, un alternador de cola de 1800 kVA y un generador de emergencia (SISU VALMET/S2452) con una potencia de 140kW.

Estos buques realizan viajes a distintos puertos, entre puertos españoles, cubriendo las rutas comerciales entre el archipiélago canario y el sur de la península española:

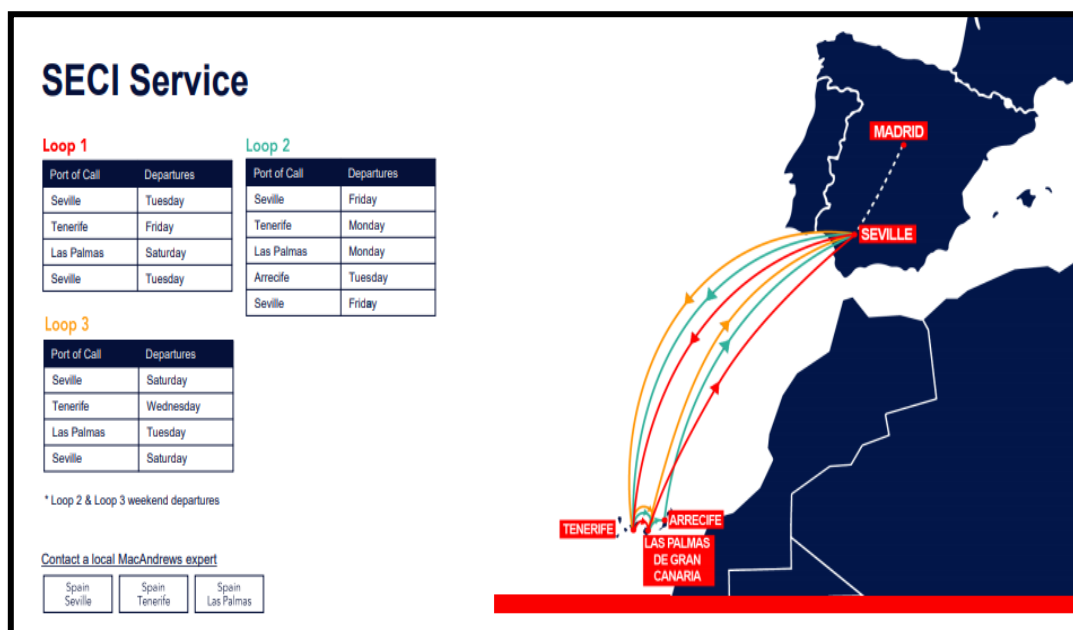


Ilustración N°20. Rutas OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA

Fuente [67]

En torno a la planta de lastre, dentro de los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, ambos disponen de un control de llenado y vaciado de los tanques de lastre automatizado. Cada buque, dispone de dos bombas para suministro de agua de lastre, y un conjunto de tuberías con válvulas, las cuales se pueden controlar remotamente (electroválvulas), para el llenado equitativo de los tanques de lastre, según la cantidad que se requiera.

Dentro de los sistemas de tratamiento de agua de lastre, los buques OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA, cuentan con un método para realizar cambios de agua de lastre. El método utilizado, consta de usar una serie de reboses que se ubican en lo alto y bajo de cada tanque de lastre de los buques. Estos reboses aportan mayor seguridad, a la hora introducir agua de lastre dentro de los buques (al llenarse los tanques de lastre, el agua sale por los reboses, y así no hay peligro de generar una sobrepresión dentro de los tanques).

Los reboses, también sirven para hacer un cambio de agua de lastre. Estos cambios, se realizan llenando los tanques de agua de lastre, y dejándose que se rebosen hasta que la bomba suministre un 95% del agua total que se puede introducir en el tanque. La utilización de este sistema permite a los buques de OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA,

hace un cambio de aguas de lastre, cumpliendo así con la Regla D-1 del convenio BWM de la OMI.

Los buques disponen de un total de 21 tanques para el agua de lastre, esto supone un sumatorio total de 4322 m^3 de agua total capaz de ser introducida en los tanques.

Como se ha mencionado, el buque dispone de dos bombas para poder introducir el agua de la toma de mar a los tanques de agua de lastre, y para extraer dicha agua de los tanques, así como para expulsarla al mar. Estas bombas, son capaces de introducir $250 \text{ m}^3 / \text{hr}$ de agua cada una. También posee un Ballast Ejector con capacidad de $50 \text{ m}^3 / \text{hr}$, pero con fines de reachique de tanques.

Los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, disponen de diferentes tipos de bombas de lastre (en lo que se refiere a las marcas), pero todas ellas coinciden en que son capaces de introducir $250 \text{ m}^3 / \text{hr}$ de agua en los tanques de lastre.

Las características de una de las bombas de lastre son:

Bomba	Ballast pump no.2
Marca	Heinrich Behrens
Modelo	VRF 7/290G
Caudal	$250 \text{ m}^3 / \text{hr}$
Consumo	21 kW
Velocidad	1765 rpm

Tabla Nº6: Características bomba de lastre.

Fuente [68]

Motor eléctrico	
Marca	ABB Motors
Modelo	M3AA 180L-4
Voltaje	440V
Intensidad	47A
Frecuencia	60Hz
Potencia	26 kW

Tabla Nº7: Características motor eléctrico de la bomba de lastre.

Fuente [68]



Ilustración Nº21. Bombas de lastre nº1 y nº2, del buque OPDR ANDALUCÍA.

Fuente: Trabajo de campo.

5.2 JUSTIFICACIÓN PARA INSTALAR UN SISTEMA BWS.

Según lo desarrollado en el capítulo anterior de “Revisión y Antecedentes”, se informa de diferentes apartados, los cuales utilizaremos para justificar, por qué se debería instalar un sistema de tratamiento de aguas del lastre, en los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA.

Primero de todo, la OMI dicta un convenio, llamado “Convenio Internacional para el Control y Gestión de las Aguas de Lastre y Sedimentos” desarrollado en 2004, con el objetivo de paliar la transferencia de organismos acuáticos peligrosos y especies invasoras, los cuales se transfieren en los momentos de carga y descarga de las aguas de lastre en un buque.

Este convenio entró en vigor en 2017, estableciendo unas directrices y normativas a cumplir para el control de estas especies invasoras. Según diferentes características del barco (capacidad de los tanques de aguas de lastre y año de construcción), se exige pasar una serie de reglas, para poder cumplir esta normativa (D1 y D2).

Según nuestro campo de estudio, hay diferentes maneras de tratar el agua de lastre, para no saltarse la normativa y el convenio OMI, entre los cuales distinguimos:

- Instalar a bordo de los buques un sistema para llevar acabo el tratamiento de aguas de lastre.
- Instalar en puertos sistemas en tierra, donde conectar la entradas y salidas para la toma de las aguas de lastre de los buques, y tratar esas aguas en el puerto.
- Depender de un barco de apoyo, cuyo objetivo sea suministrar o retirar aguas de lastre para buques, ya tratadas.

Cada apartado citado anteriormente, tiene sus ventajas y desventajas, aunque la opción más evidente, es la de instalar un sistema para tratamientos de agua de lastre dentro de los buques.

Ante todo, existen diferentes métodos para tratar el agua de lastre, entre estos encontramos el tratamiento en el puerto de destino. Sin embargo, debido a la gran cantidad de tráfico marítimo que encontramos hoy en día en cada uno de los mares, la espera podría llegar a ser interminable, produciéndose de esta forma grandísimas pérdidas económicas. Por lo tanto, nos decantamos por la otra alternativa de instalación de un sistema de tratamiento de agua de lastre a bordo de cada buque mercante ya que a la larga puede resultar más factible y conlleva menos tiempo operacional, independientemente del momento en el que se realice.

Entre los distintos sistemas que existen para esterilizar el agua de mar, se pueden destacar tres tipos fundamentales: físicos, mecánicos y químicos.

Los sistemas para el tratamiento de agua de lastre están evolucionando continuamente, por lo que existen diferentes métodos para tratar las aguas de lastre. Como ya se explicó en la revisión y antecedentes, distinguimos tres métodos principales: Físicos, mecánicos y Químicos.

Entre los métodos físicos más eficaces y útiles se encuentran:

-Tratamiento por calor: Su funcionamiento consiste en el aprovechamiento de la energía calorífica producida por las calderas para aumentar considerablemente la temperatura del agua de los tanques de lastre produciendo la inhabilitación de los organismos vigentes. Sin embargo, no es tan eficaz como el tratamiento por ultravioletas y su diseño requiere mayor dificultad.

- Radiación ultravioleta: Es bastante eficaz y como único inconveniente requiere un gasto económico elevado ya que precisa de un tratamiento mecánico previo necesario para operar en condiciones óptimas.

-Tratamiento por ultrasonidos: Consiste en un sistema bastante novedoso y, por lo tanto, poco desarrollado.

Atendiendo a los métodos mecánicos más efectivos y destacables encontramos:

- Tratamiento mediante filtrado: Es capaz de destruir cualquier sólido u organismo cuya dimensión sea superior a los orificios de la malla, sin embargo, permite la transferencia de microorganismos como bacterias o protozoos, siendo así dependiente de otro sistema como los mencionados anteriormente.

-Centrifugación de agua en hidro-ciclón: Este sistema consiste en centrifugar el agua, dejando así los elementos con una densidad mayor a el espectro externo del aparato, facilitando su expulsión. De todas formas, no es del todo efectivo ya que nuevamente escapan los microorganismos con densidad igual o inferior a la del agua.

Dentro de estos sistemas, los más comunes son los Mecánicos (Métodos de filtración) y los Físicos, aunque también hay métodos químicos usados actualmente, como es el caso del uso del cloro para el tratamiento de las aguas de lastre.

Según el estudio realizado, la mejor opción, es instalar un sistema para el tratamiento de aguas de lastre, que combine dos de los métodos citados anteriormente, métodos físicos y mecánicos, descartando así, la utilización de métodos químicos, ya que suelen dejar restos de las reacciones químicas realizadas al agua. Estas reacciones presentan la gran desventaja de que las aguas tratadas de esta forma permanecen con cierta condición biocida que podría influir en otros organismos pudiendo además ocasionar elementos organoclorados con índole cancerígena y tóxica. De esta forma, se están profundizando en otros elementos con carácter biocida provisional que no afecte al resto de especies, así como metales o cobre que no puedan ser influyentes en los distintos seres vivos. Además, estos sistemas no consiguen cubrir completamente

las zonas del tanque de lastre dejando zonas sin tratar, siendo de esta forma, poco eficientes.

Como alternativas a estos compuestos se han investigado otros tratamientos como la electrolisis, el tratamiento con ozono o variar el grado de acidez del agua (pH), pero han sido eliminadas por los posibles inconvenientes medioambientales y su alto precio.

Dentro de estos métodos, los más comunes y los que más desarrollados están, son los sistemas de filtración (Mecánicos) y sistemas de tratamientos por radiación ultravioleta (Físicos).

Mediante el desarrollo de este capítulo, se analizará las diferentes propuestas de estos sistemas existentes, así como los procesos de instalación, ejecución, certificación, e impactos adicionales al barco, que supondría la implementación de este tipo de sistema para el tratamiento del agua de lastre.

5.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA EN LA PLANTA.

Con el objeto de instalar un sistema para el tratamiento de aguas de lastre, se establecerán diferentes consideraciones a tener en cuenta para la instalación de estos sistemas, así como algunas propuestas de marcas conocidas, que se utilizarán a modo de ejemplo, como sistema ideal para instalar en los buques, así como el proyecto de construcción que se tiene que realizar, ubicación, montaje, tiempo para la ejecución, entre otras cosas.

5.3.1 EQUIPOS PROPUESTOS PARA INSTALAR.

Ante la diversidad de opciones, se sugiere a la compañía, instalar un sistema que utilice métodos mecánicos de filtración y métodos físicos de radiación ultravioleta.

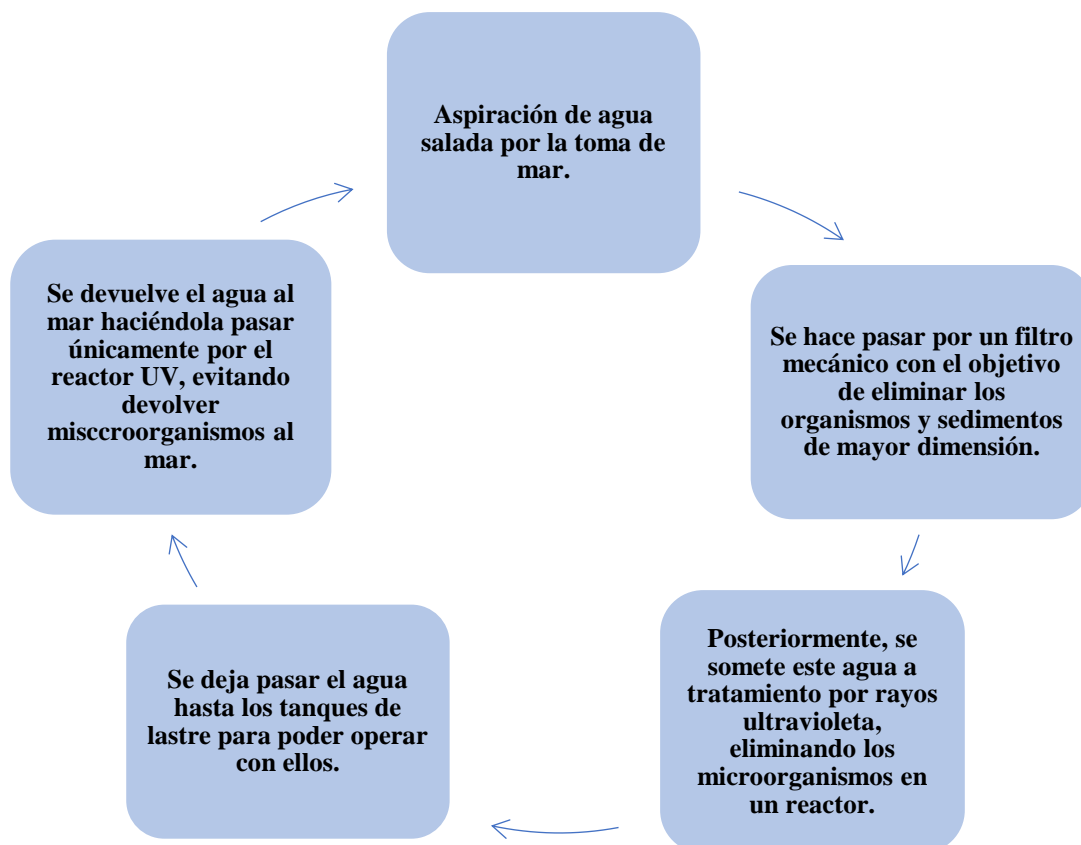


Ilustración Nº22. Diagrama funcionamiento sistema de tratamiento de agua de lastre.

Fuente: Elaboración propia.

Para comprender de forma más exhaustiva este sistema, se especulan las fases por las que pasará el agua de lastre, dentro del circuito del sistema:

Lastrado del buque.

- Fase 1: Se aspira agua, con la toma de mar, para introducirla dentro de los tanques de lastre.
- Fase 2: El agua pasa por un sistema de filtración, con diferentes tamaños de malla, para eliminar gran parte de los organismos y sedimentos. Estos filtros son automáticos, es decir, disponen de un sistema de autolimpieza.

- Fase 3: Se dispondrá de un flujómetro, el cual medirá datos como el caudal, presión y regulará automáticamente, según los parámetros preestablecidos, para proporcionar los flujos recomendados.
- Fase 4: Se pasará al agua, por una cámara donde se le aplicará la radiación ultravioleta. Estos rayos UV, son capaces de eliminar las células vivas de los microorganismos, eliminándolos completamente.
- Fase 5: Se envía finalmente, el agua de lastre tratada, a los tanques de lastre.

Deslastrado del buque:

- Fase 1: Se aspira el agua, proveniente de los tanques de agua de lastre.
- Fase 2: Esta agua, previamente tratada, no necesita ser pasada por los filtros, por lo que se salta este método, con la ayuda de un bypass.
- Fase 3: El agua de lastre, pasa por el flujómetro, para controlar su caudal y presión.
- Fase 4: Se pasa el agua de lastre, por la cámara de radiación ultravioleta. Esto se hace, para asegurar de que se eliminan completamente los microorganismos tanto al introducir el agua dentro del buque, como al expulsarla.
- Fase 5: Se vuelve a pasar el agua por un flujómetro, para mantener caudal y presiones óptimas.
- Fase 6: Se descarga el agua de lastre al mar, a través de la salida de la toma de agua de mar, por un costado del barco.

En torno a las ofertas disponibles dentro del mercado, para la instalación de un sistema para tratamiento de aguas de lastre, mediante filtración y UV, disponemos de sistemas fabricados por marcas conocidas tales como:

SISTEMA PUREBALLAST 3.1 ALFA LAVAL.

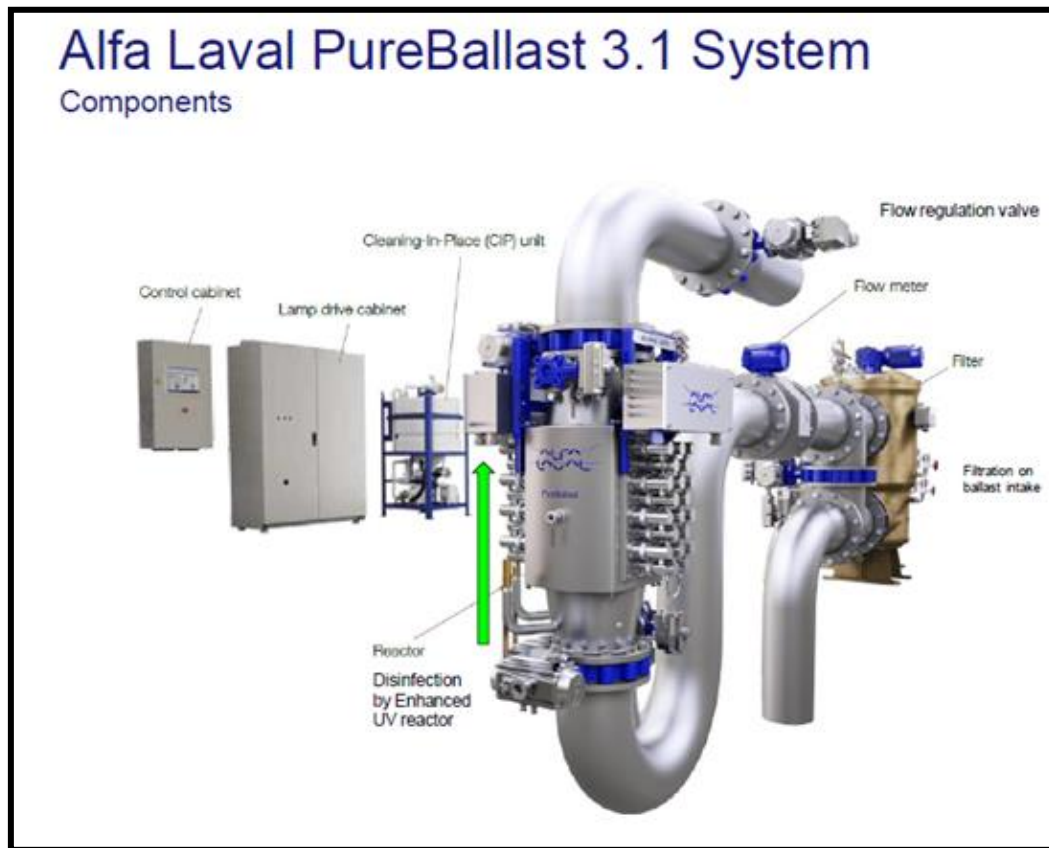


Ilustración Nº23. Sistema PUREBALLAST 3.1.

Fuente [69]

PureBallast 3.1 es un sistema de tratamiento automatizado en línea creado por Alfa Laval y formado por dos periodos (físico-mecánicos) capaz de realizar la desinfección biológica del agua de lastre. Este producto destaca porque es capaz de funcionar sin emplear productos químicos, combinando la filtración realizada en un inicio con un método de tratamiento UV mejorado con el fin de eliminar los organismos vigentes en el agua de lastre de acuerdo con los límites estipulados por las leyes.

El componente principal de este sistema modular es este reactor UV donde tiene lugar el tratamiento de desinfección y es en el diseño de las antorchas de cuarzo sintético donde se produce la compatibilidad con un espectro de transmisión de longitud de onda

bastante más amplio, consiguiendo así un mayor empleo de luz UV durante dicha desinfección.

De esta forma, sumando el diseño interno de este reactor, se asegura una dosis óptimas de UV a un bajo consumo energético.

Además, este sistema posee la certificación para el tratamiento de agua de lastre con procedencia de todo tipo de mares (dulce o salada). Permite trabajar con unos caudales de 32-3000 m³/h, por lo tanto, se adaptaría correctamente a los rangos de trabajo de los buques a tratar así, como trabajar con agua a temperaturas muy bajas, incluso en zonas donde la claridad y la transmitancia de UV llega al 42%, permitiendo aun así el funcionamiento a pleno flujo, evitando así cualquier restricción operativa posible.

La estructura se presenta completamente cerrada herméticamente y automatizado sin requerir de intervención manual, capaz de acoplarse perfectamente a cualquier sistema de agua de lastre.

Dicha desinfección biológica se compone de dos etapas, una inicial de filtración seguida de un tratamiento mejorado de UV, ambas etapas vienen integradas en los componentes de las tuberías en línea del sistema.

Entre las partes de la estructura desinfectante podemos encontrar:

- **Filtro:** Se emplea a lo largo de las operaciones de lastrado con el fin de frenar la introducción de organismos de mayor dimensión, así como reducir la deposición de sedimentos en los tanques del agua de lastre. Mediante un “bypass” durante el proceso de deslastrado, el filtro permite lavarse de forma automática gracias una pequeña cantidad a contracorriente del propio flujo de agua. Es debido al trabajo en combinación del reactor que se permite trabajar un flujo completo

independientemente del tipo de agua (dulce o salada) a una transmitancia de UV capaz de alcanzar el 42%.



Ilustración Nº24. Filtro del PUREBALLAST 3.1.

Fuente [69]

- **Reactor:** Está fabricado en acero 254 SMO, una aleación que permite una larga vida de uso evitando además la corrosión y es el elemento donde tiene lugar la etapa de tratamiento UV. Dispone de 4 tamaños acordes al caudal de agua que precise el barco, siendo el de 300m³/h el idóneo para los 250m³/h que poseen los de la compañía OPDR CANARIAS Y ANDALUCIA. Este reactor emplea antorchas fabricadas en cuarzo sintético y, gracias a esto, se permite una transmisión de apoyo a un espectro de longitud de onda mayor, facilitando más cantidad de haz de luz UV en el proceso de desinfección.

En su composición también se divisan sensores de nivel y temperatura que garantizan mayor seguridad durante dichos procesos, siendo estos últimos completamente enfocados al ámbito marino.



Ilustración Nº25. Reactor del PUREBALLAST 3.1.

Fuente [69]

Continuando con los sistemas de soporte podemos encontrar:

- **Gabinete de accionamiento de la antorcha:** Puede separarse físicamente del reactor hasta una distancia de 150 metros dejando espacio en la sala de máquinas y simplificando el diseño del sistema. Su funcionamiento consiste en ser el elemento encargado de suministrar de energía a las antorchas del reactor.



Ilustración Nº26. Gabinete de accionamiento de antorcha del PUREBALLAST 3.1.

Fuente [69]

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

Consiste en un elemento de servicio de carácter automático encargado de limpiar las mangas de cuarzo que cubren las antorchas que emiten la luz UV tras cada una de las secuencias tanto de lastrado como de deslastrado. El objetivo de esta operación es evitar el incremento de la cantidad de contaminantes que puedan divisarse en las aguas con las que se van a trabajar en los tanques de lastre ya que, si no se llevara a cabo, se reduciría la eficacia del funcionamiento del módulo reactor. Esta operación se realiza con un ácido orgánico de tipo orgánico y biodegradable con una duración aproximada de 15 minutos por unidad CIP.



Ilustración N°27 CIP del PUREBALLAST 3.1.

Fuente [69]

- **Cabina de control:** Posee una pantalla grafica táctil con una interfaz fácil e intuitiva de utilizar. Mediante este dispositivo se puede iniciar o detener la operación con un solo toque, así como monitorizar cada uno de los procesos que se están llevando a cabo.



Ilustración Nº28. Cabina de control del PUREBALLAST 3.1.

Fuente [69]

- **Equipamiento auxiliar:** Compuesto por bombas, puntos de muestreo, paquetes de válvulas y paneles de control remoto con facilidad para integrarlos en cualquier buque.

Continuando con los procesos de lastrado y deslastrado como se mencionó anteriormente, este sistema también tiene su proceso completamente automatizado. Cuando se inicia, se sitúa en una secuencia de arranque en la que el agua de lastre que se introduce primeramente atraviesa la etapa del filtro, eliminando cualquier organismo y partícula de elevadas dimensiones, mejorando la calidad del agua para el tratamiento posterior. Esta etapa es sobre todo beneficiosa en operaciones con aguas densas costeras y aguas dulces.

Tras pasar por el filtro esta agua continua hasta el reactor, donde se desinfecta de cualquier microorganismo posible mediante la luz ultravioleta antes de entrar en los tanques de lastre.

Una vez terminado el proceso de lastrado, se realiza la autolimpieza del reactor mediante el circuito a contraflujo en el (CIP), este proceso deberá realizarse antes de pasadas las 30 horas.

El reactor deberá ser enjuagado con agua dulce cuando el ciclo del CIP comienza y llenado también con agua dulce al finalizar su proceso, así como el filtro.

Seguidamente viene el proceso de deslastre, siendo este prácticamente el mismo que el proceso de lastrado. Sin embargo, la etapa de filtrado es “bypassada” durante este proceso ya que el agua ya ha sido previamente filtrada.

Tras abandonar los tanques de agua, esta agua saliente pasa por la etapa del reactor con el fin de eliminar cualquier posible reaparición de algún microorganismo que haya podido surgir durante el transito hasta conseguir la desinfección dentro de los límites establecidos.

Esta agua es descargada en el recibidor de la zona de deslastre. La secuencia de apagado y encendido es repetida en todos los componentes tanto en la etapa de lastrado como de deslastre.

SISTEMA WÄRTSILÄ AQUARIUS BWMS UV.

Aquarius UV es un sistema de gestión de agua de lastre creado por Wärtsilä, que garantiza un proceso seguro y eficaz del tratamiento de esta.

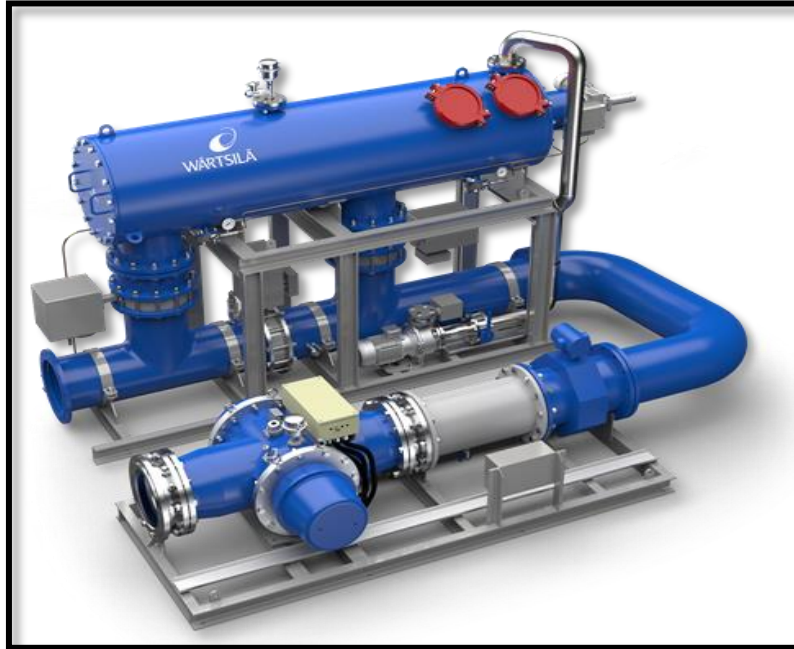


Ilustración Nº29. Sistema AQUARIUS UV WÄRTSILÄ.

Fuente [72]

Este tratamiento se lleva a cabo en dos etapas, en una primera estancia, el agua es tomada directamente del mar y se hace pasar por un filtro para eliminar cualquier organismo de mayor dimensión que se pueda divisar para llegar a una segunda etapa, en la que un reactor compuesto de un engranaje que sujeta unas mangas de cuarzo adheridas a las lámparas capaces de emitir la luz ultravioleta UV que desinfecta el agua eliminando cualquier microorganismo o sustrato, antes de dirigirla hacia los tanques de lastre.

Finalmente, en la descarga, el agua de los tanques de lastre pasa directamente por el reactor UV por segunda vez y es devuelta al mar.

Entre las ventajas de este dispositivo podemos encontrar:

- Es un sistema aprobado por USGC (siendo este de consignas más exigentes) y por la IMO.
- No posee sustancias de carácter activo que puedan ser perjudiciales a la larga ni presenta máxima salinidad del agua para un uso óptimo,
- Presenta un controlador lógico programable, por lo que es automatizable, garantiza seguridad y reduce costes económicos
- Dispone de un programa de aprendizaje para comprender el funcionamiento del mando de Wartsila.

WEIGHTS & DIMENSIONS																	
Aquarius® UV System	Capacity Range (m³/h)	Filter Loose				UV - Loose (vertical)				Power Panel					Total Weight (kg)	Power (kW)	Total Footprint (m²)
		Dimensions (m)			Weight (kg)	Dimensions (m)			Weight (kg)	Dimensions (m)			QTY	Weight (kg)			
		L	W	H		L	W	H		L	W	H					
AQ-125-UV	12.5 – 125	0.8	0.5	2.3	330	0.8	0.5	0.9	125	1.2	0.5	1.4	1	200	865	19	1.7
AQ-300-UV	30 – 300	1.0	0.7	2.3	510	1.0	0.7	1.3	285	1.2	0.5	1.8	1	350	1,405	48	2.3
AQ-500-UV	50 – 500	1.0	0.7	3.0	885	1.0	0.7	1.3	320	1.2	0.5	2.0	1	450	1,765	63	2.3
AQ-750-UV	75 – 750	1.3	1.1	3.3	1,460	1.2	0.7	1.3	490	1.2	0.5	2.0	2	400+350	2,860	93	3.8
AQ-1000-UV	100 – 1000	1.3	1.1	3.3	1,600	1.2	0.7	1.3	490	1.2	0.5	2.0	3	450	3,550	100	4.4

Ilustración N°30. Características de los diferentes modelos del Aquarius UV.

Fuente [72]

Continuando con el procedimiento, durante la captación de agua de lastre, se induce a esta a pasar por un filtro con la finalidad de eliminar posibles partículas orgánicas, así como sedimentos o zooplancton y fitoplancton superiores a 40 micras.

Para limpiar este filtro se emplea el método del producto anterior, se suministra agua a contracorriente de forma automatizada para mantener la eficiencia de la filtración.

Una vez completado el filtrado, el agua es dirigida a la cámara de desinfección, donde las antorchas ultravioletas de media presión, configuradas en una disposición de

flujo cruzado, suministran la luz radiactiva ultravioleta para llevar acabo la desinfección del agua que posteriormente es dirigida a los tanques de lastre.

Estas antorchas están equipadas con un sistema de autolimpiado que evita cualquier incrustación o acumulación de depósitos en las mangas de estas, garantizando el funcionamiento óptimo en todo momento.

La intensidad de luz emitida por las antorchas ultravioletas es controlada asiduamente durante la operación para asegurar que se logre la dosis máxima deseada aumentando de forma considerable la eficiencia.

Finalmente, durante la descarga, el agua de lastre es bombeada desde los tanques de lastre hacia la cámara de desinfección ultravioleta, con el fin de aplicar un tratamiento final previo a ser descargado por la borda del buque. Como en el sistema anterior, el filtro es puentado durante esta descarga.

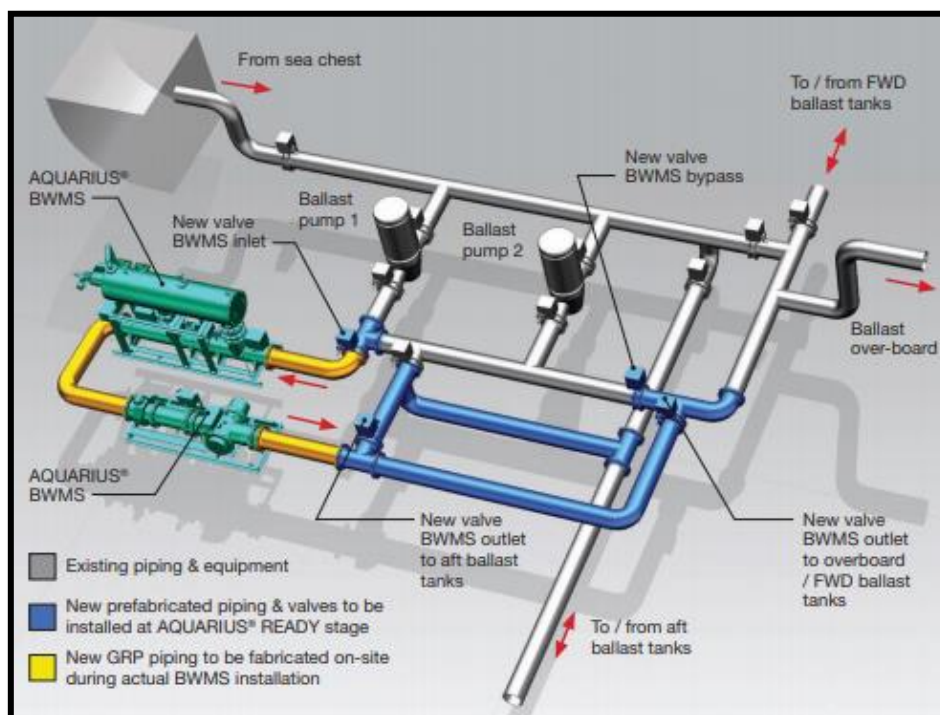


Ilustración Nº31. Concepto funcionamiento del sistema AQUARIUS UV.

Fuente [72]

DIFERENCIAS ENTRE AMBOS SISTEMAS.

De esta forma, entre las principales diferencias a resaltar entre el sistema propuesto por Alfa Laval y Wärtsilä podemos encontrar:

- Alfa laval presenta un modelo Compact Flex ideal para buques con poco espacio para el dimensionamiento del equipo. Los componentes son entregados desmontados para hacer más fácil la instalación en caudales de 32 a 1000 m³/h.

Consiste en un sistema en línea bastante flexible ya que ocupa muy poco espacio. Las etapas de tratamiento son desarrolladas en las tuberías del agua de lastre a modo de componentes dispuestos en línea. Además, mediante contactos sencillos de la instalación inmediata reduce el tiempo de instalación e ingeniería y abarata los posibles costes, lo que permite adaptarse correctamente a cualquier tipo de planta.

Este sistema se compone de un cuadro eléctrico, una unidad compacta de limpieza in situ (CIP), y un LDC1/LDC2 para caudales que superen los 300 m³/h.

- A su vez, Alfa Laval también dispone de un sistema aún más compacto llamado PureBallast 3 Compact, éste se puede otorgar como un módulo montado en bastidor, consiguiendo un sistema suficientemente compacto y sencillo a la hora de llevar a cabo su instalación, dejando el mínimo de tuberías posibles. Este sistema es acorde a caudales de 32-300 m³/h.

Todos sus componentes vienen adheridos al bastidor, salvo un cuadro eléctrico que puede ser colocado de forma flexible.

Este sistema se compone de un filtro, un reactor, una unidad compacta de limpieza in situ (CIP) y un cuadro eléctrico con facilidad de disposición hasta 30 m del reactor ultravioleta.

- Wärtsilä por otro lado nos presenta un sistema Aquarius EC, este presenta unas prestaciones bastante parecidas a el sistema Aquarius UV. Se compone de dos etapas, una en la que se hace pasar el agua por un filtro de 40 micras, con capacidad de autolavado.

Mediante un módulo EC compuesto de células electrolíticas se produce desinfectante TRO, siendo este hipoclorito de sodio. Este compuesto es bombeado a la línea principal donde se mezcla con el agua filtrada y es bombeada a los tanques de lastre.

Esta mezcla es monitoreada para asegurar las dosis correctas. Posteriormente durante el deslastrado se anula el filtro y se vuelve a pasar por el módulo EC, para posteriormente descargarlo por la borda.

- Y, como segunda alternativa, se nos presenta el sistema Wärtsilä BWT 500i, siendo completamente igual en cuanto a funcionamiento al sistema AQUARIUS UV pero para caudales superiores de 500m³/h y con un panel de control, un distribuidor energético, un controlador de las antorchas UV, un sistema de control neumático (este sistema permite controlar las válvulas solenoides y neumáticas de manera remota) y un sistema de control hidráulico (permite controlar las válvulas solenoides y neumáticas que se usan para dirigir los cilindros que permiten limpiar las mangas del reactor).

5.3.2 INGIENERÍA.

A la hora de realizar la instalación de un sistema para el tratamiento de las aguas de lastre, hay que tener en cuenta diferentes aspectos que pueden determinar, la manera en la que vamos a instalar el equipo dentro del buque.

UBICACIÓN DEL SISTEMA.

Una de las cuestiones más importantes, hacen referencia a la zona donde se ubicará el sistema para el tratamiento de las aguas de lastre. La mayoría de los buques, en su etapa de construcción, fueron optimizados con el objetivo de, aprovechar al máximo el espacio disponible, sobre todo en las salas de máquinas. Todo esto conllevará, a la necesidad de estudiar la disposición de espacio dentro de las salas de máquinas de los buques de OPDR, para buscar el lugar óptimo, donde ubicar el sistema de tratamiento.

Las diferentes marcas que ofrecen sistemas para el tratamiento del agua de lastre ofrecen varias alternativas de sus sistemas, para poder ubicarlos en diferentes sitios. Gracias a esto, se puede llevar los sistemas de tratamiento del agua de lastre desmontados a las salas de máquinas, dando la oportunidad, de montar este tipo de sistemas modularmente.



Ilustración Nº32. Ejemplo de un sistema modular y sus partes, sistema PUREBALLAST 3.1.

Fuente [69]

Cabe destacar, que, ante la posibilidad, de que el buque no pueda instalar de ninguna manera, un sistema de tratamiento para el agua de lastre a bordo del buque, debido a falta de disponibilidad de suelo libre en la sala de máquinas, muchas empresas, ofertan sistemas compactos, para espacios reducidos. Estos sistemas compactos, son ideales para instalar en espacios muertos o espacios reducidos de la sala de máquinas de un buque.

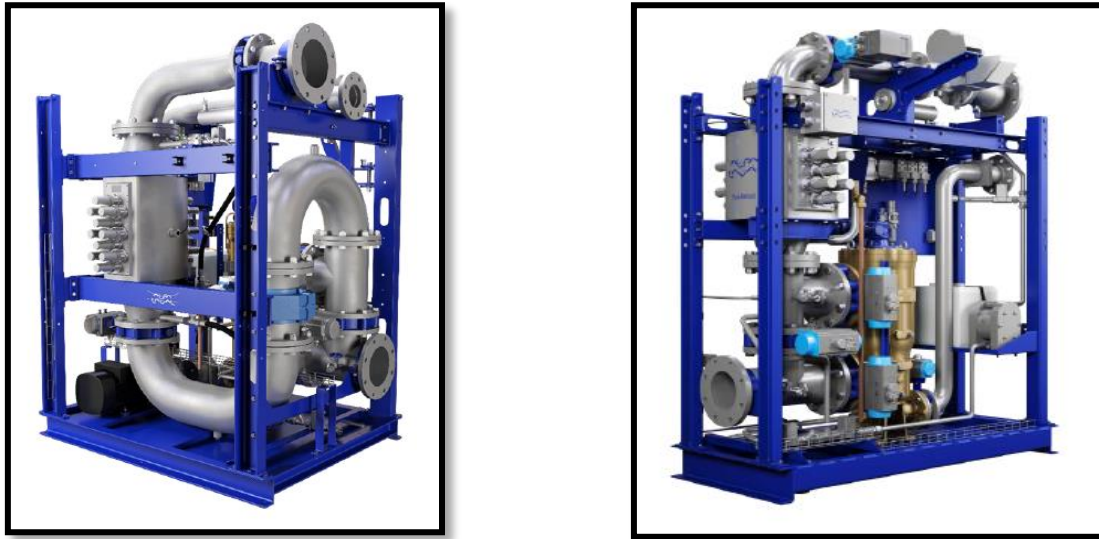


Ilustración Nº33. Sistema Compacto PUREBALLAST 3.1.

Fuente [69]

Muchas marcas, también ofertan un sistema ya instalado dentro de un container, que se puede instalar en cubierta, de tal manera que no supondría una gran obra de ejecución dentro de la sala de máquinas, a expensas de sacrificar un lugar en la cubierta del buque, para situar este contenedor.



Ilustración Nº34. Sistema BWS, en container, para ubicar en cubierta.

Fuente [73]

Ante esta situación, decidimos estudiar detenidamente los planos de los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, facilitados por Servando Luis León los cuales han sido utilizados, para buscar la zona óptima dentro de la sala de máquina, donde poder instalar los sistemas para el tratamiento de las aguas del lastre, tanto sus filtros, flujómetros y reactores de UV, como sus cuadros de mando y componentes eléctricos.

REALIZACIÓN DE UN PROYECTO PARA LA INSTALACIÓN.

A la hora de realizar, una instalación de un sistema para tratamiento de agua del lastre se debe tener en consideración, la aplicación de los convenios SOLAS y MARPOL, con objeto de, cumplir un grado de seguridad y prevención de contaminación.

Según la disposición de la sala de máquinas de los buques OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA, se tiene que realizar un diseño, para la instalación del nuevo sistema para tratamiento de aguas de lastre. Esta instalación, constaría de un proyecto de ingeniería.

Hoy en día, multitud de empresas ofrecen sus conocimientos, y personal, para realizar determinados estudios a bordo del buque, e instalar diferentes tipos de sistemas. En el caso de los sistemas para el tratamiento de las aguas del lastre, hay muchas empresas especializadas en este sector.

Estas empresas, realizan un estudio para poder implantar estos sistemas a bordo, y muchas veces, también ofertan los propios sistemas para el tratamiento de las aguas de lastre, trabajando con marcas mundialmente conocidas.

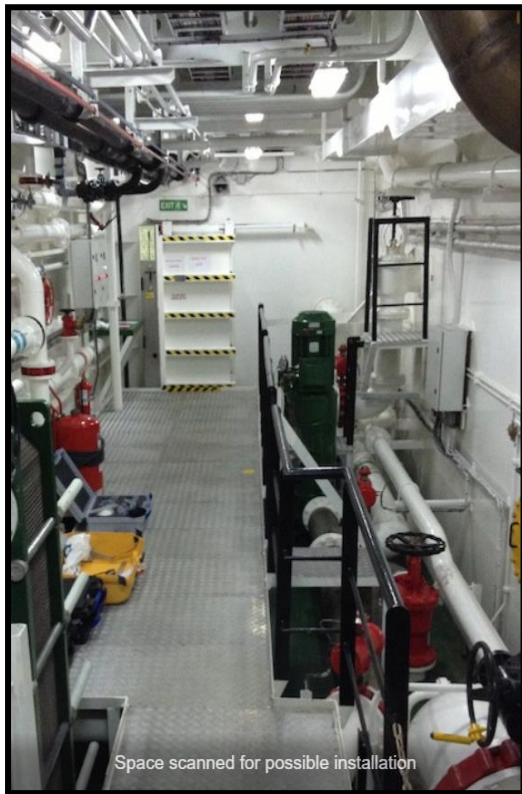
A su vez, también determinadas empresas ofrecen garantías, incluso mantenimiento de estos sistemas, a consta de su propio personal.

De manera resumida, un proyecto de ingeniería realizado por una empresa, para la instalación de un sistema de tratamiento para aguas de lastre, en los dos buques de OPDR, constaría, básicamente de:

- **Estudio para la ubicación del sistema:**

Se realizará una serie de estudios para ubicar el sistema a bordo del buque, mediante la utilización de planos del buque, o realizando mediciones dentro de la sala de máquinas.

Hay que destacar también, el uso de algunas empresas, para realizar un escaneado láser 3D, de las salas de máquinas de los buques. Este escaneado 3D, permite recrear a la perfección la disposición de la sala de máquinas, para así, detectar zonas libres donde poder instalar el sistema. El sistema para tratamiento de las aguas del lastre se puede introducir mediante un software, dentro de la sala de máquinas, de manera 3D, para así ofrecer una idea de cómo quedará el sistema dentro de ese espacio libre donde se quiera instalar.



Ilustraciones Nº35. Ejemplo de escaneado 3D de una sala de máquinas, y superposición del sistema.

Fuente [74]

En el caso de los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, optimizando espacios libres, se sugiere instalar el sistema para tratamiento de las aguas de lastre, en un espacio libre de las cámaras de las bombas, situado en la sala de la cámara de bombas, dentro de la sala de máquinas de los buques.

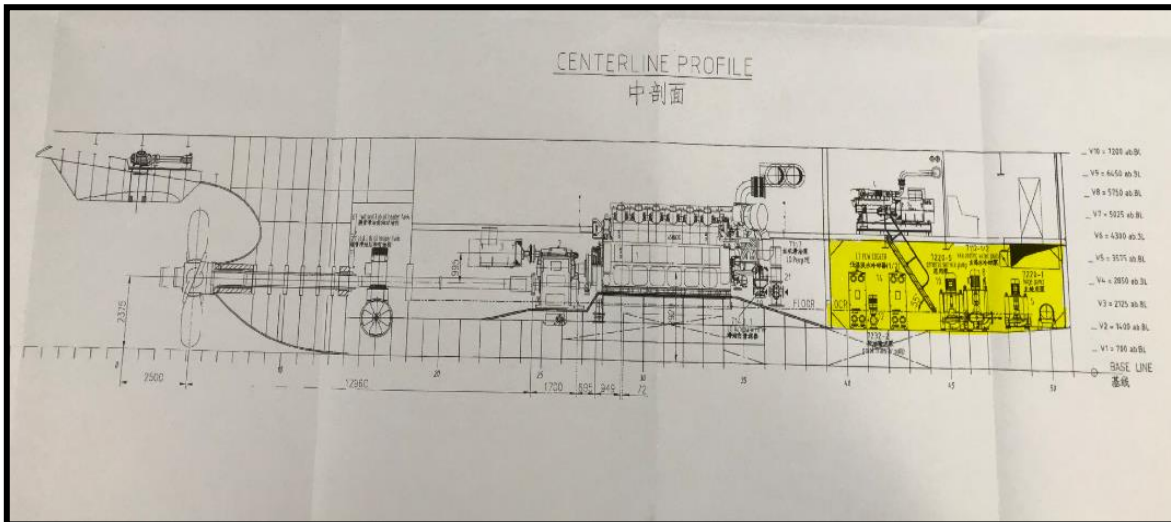


Ilustración N°36. Plano costado sala de máquinas OPDR ANDALUCÍA.

Fuente [75]

Como se puede apreciar en la imagen anterior, uno de los sitios óptimos para instalar el sistema de tratamiento para el agua de lastre, se situaría en la cámara de bombas del buque, el cual tiene un acceso desde una escalera. Esta cámara de bombas está situada debajo de la sala de generadores auxiliares de los buques, y está justo a la salida de la sala de control. En el interior de la cámara de bombas, se encuentran las bombas de lastre, bombas contraincendios, bomba de sentina, bombas de agua de consumo etc.

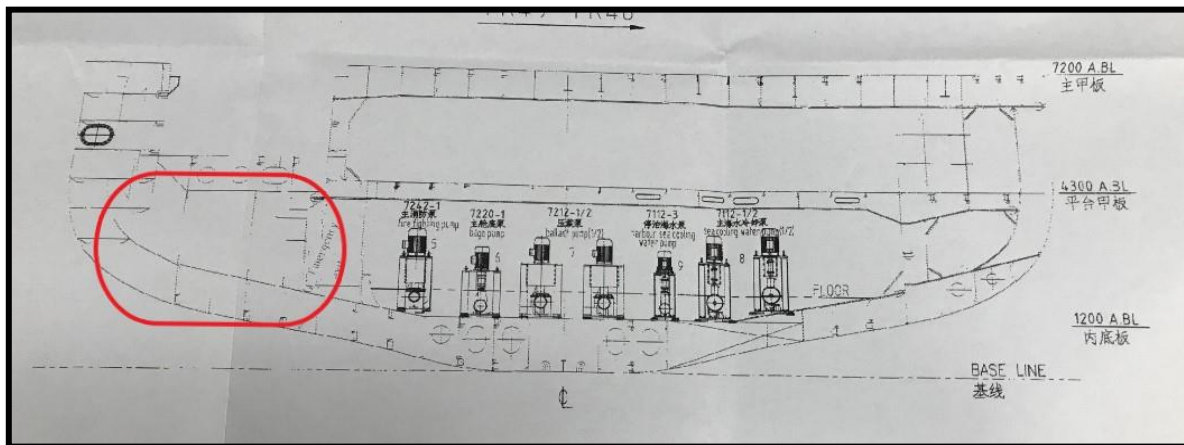


Ilustración N°37. Plano cámara de bombas del buque OPDR ANDALUCÍA.

Fuente [75]

Viendo los planos de la cámara de bombas, podemos apreciar en sus extremos, un espacio libre, siguiendo las curvas realizadas por el pantoque del buque. Estos espacios libres se encuentran a ambos lados de la cámara, siendo óptimo el uso del costado de estribor del buque (zona izquierda del plano de la cámara de bombas del buque).

Dentro de esta cámara de bombas, disponemos de una zona donde hay espacio libre que sería ideal para instalar estos sistemas para tratamientos de agua de lastre. Con la disponibilidad de espacio, se podrían instalar los módulos de los filtros, los reactores de UV y sus conexiones. Dentro de esta sala, también se ubican las bombas de lastre, por lo que los enganches entre el sistema y las tuberías del agua de lastre están cerca.



Ilustración N°38: Espacio disponible, dentro de la cámara de bombas.

Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración N°39. Espacio disponible, dentro de la cámara de bombas.

Fuente: Trabajo de campo.

Como se puede observar en las imágenes, hay un espacio disponible dentro de la cámara de bombas, donde se puede instalar los módulos para el sistema de tratamiento de agua de lastre.

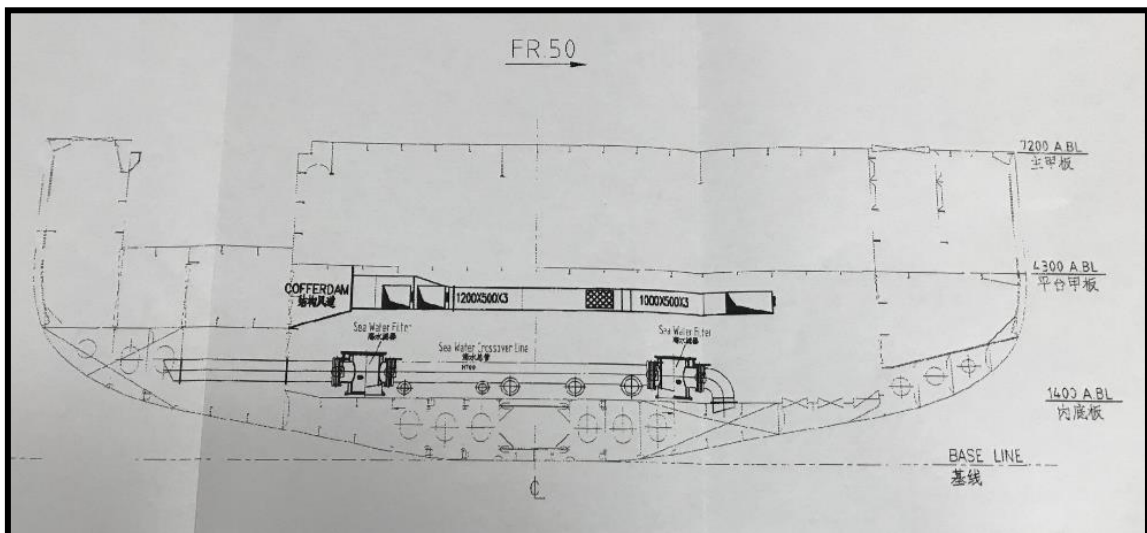


Ilustración N°40. Plano sistema de toma de agua de mar, buque OPDR ANDALUCÍA.

Fuente [75].

Cabe destacar, que habría que hacer un trabajo para adecuar este sistema en ese espacio, además de buscar la manera de realizar las conexiones de las tuberías de agua del nuevo sistema, con las tuberías ya existentes del sistema anterior de agua de lastre del buque. Todo esto incluye el levantar las planchas del suelo para instalar el sistema de tuberías y hacer los acoples. A su vez, hay que adecuar la zona donde se va a instalar el nuevo sistema, ya que como se puede apreciar en las imágenes anteriores, esta zona no dispone de suelo firme.

Para realizar la instalación se necesita llevar hasta la cámara de bombas, todos los materiales y equipo para la instalación del sistema tratamiento. Este sistema de tratamiento de agua de lastre se debería de llevar a la sala de máquinas por módulos separados, por lo que interesa tener en cuenta un sistema que se pueda instalar de manera modular.

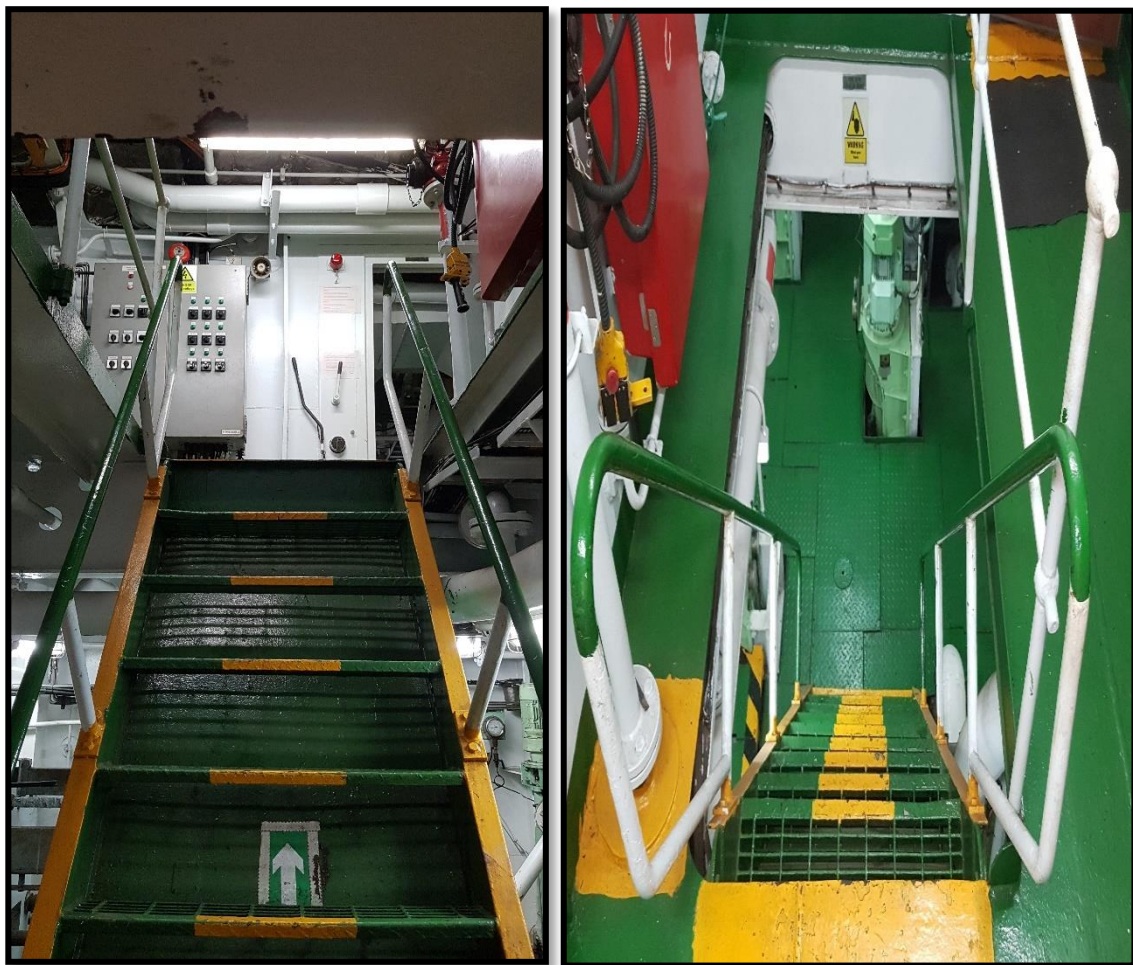


Ilustración Nº41: Acceso disponible para la cámara de bombas.

Fuente: Trabajo de campo.

Las razones son, que principalmente se quiere evitar el realizar una cesaría al barco para introducir los elementos dentro de la cámara de bombas. Para evitar esto, la única opción es bajar los elementos por la sala de máquinas hasta llegar a la cámara de bombas. Para ello se dispone de un hueco de escalera, y un gancho para poder bajar los equipos en lo alto de esta escalera.



Ilustración N°42. Gancho disponible, para bajar los equipos a la sala de la cámara de bombas.

Fuente: trabajo de campo.

A la hora de ubicar el sistema, también se deberá de ubicar un cuadro eléctrico con el que se podrá controlar este sistema para el tratamiento de aguas de lastre. El control del lastre del buque se realiza desde un cuarto ubicado en la popa del barco, e a estribor, a la altura de la planta de carga RO-RO del barco. En esta zona, se dispone de los mecanismos necesaria para controlar el llenado de los tanques de lastre del buque, por lo que se debería de añadir un controlador para el control del nuevo sistema para tratamiento de agua que se quiere instalar.

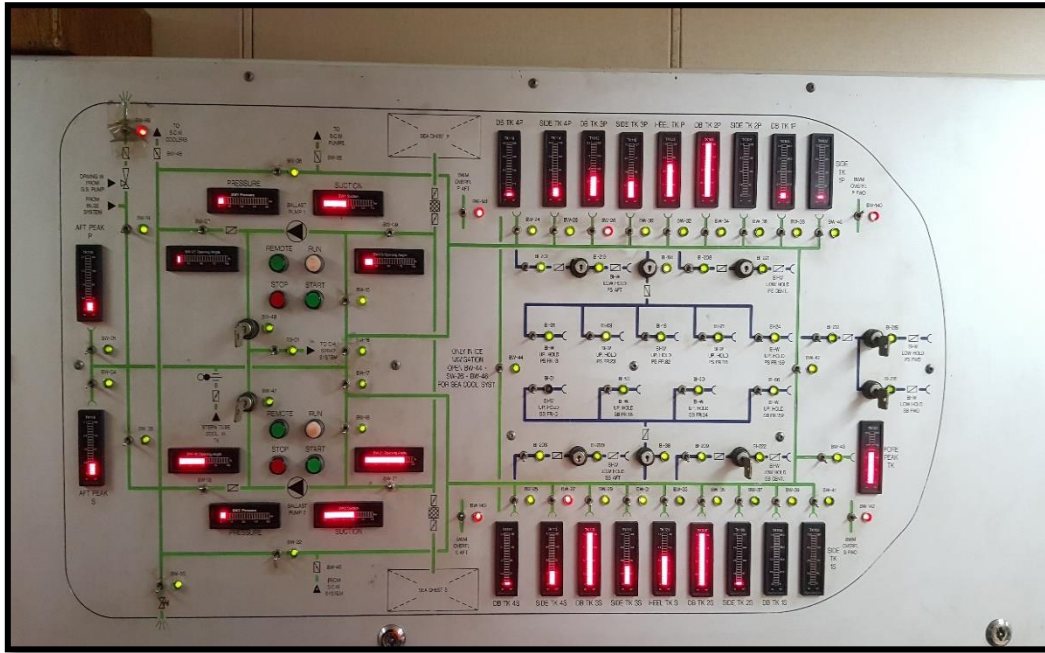


Ilustración N°43. Disposición del cuadro de control del sistema de agua de lastre del buque OPDR ANDALUCÍA.

Fuente: Trabajo de campo.

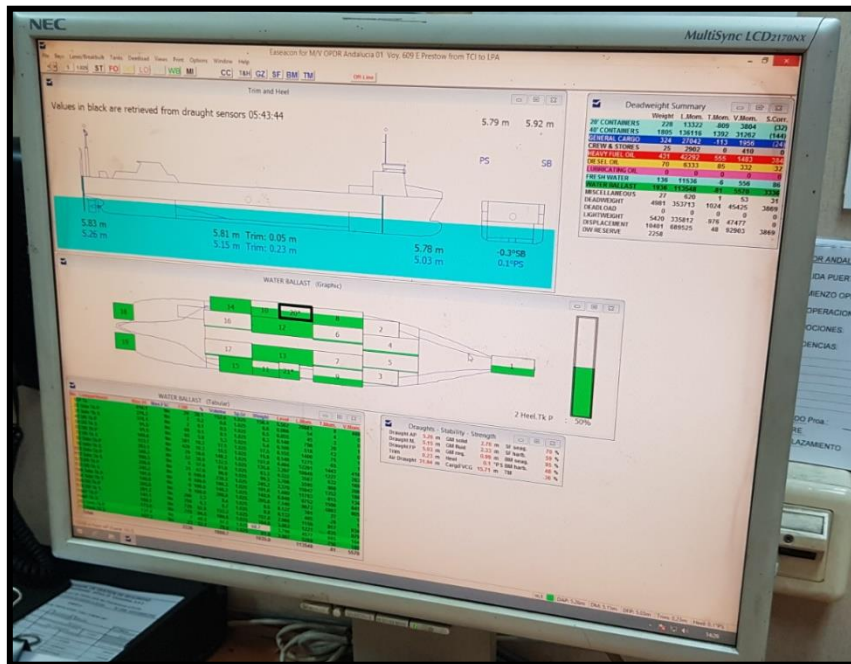


Ilustración N°44. Sistema de control de los tanques de lastre del buque OPDR ANDALUCÍA.

Fuente: Trabajo de campo.

- Sistema elegido

Como se comentó anteriormente en el apartado 5.2, se justifica la razón por la cual implantar un sistema para tratamiento de agua de lastre, y se han explicado se han especificado varios ejemplos, de sistemas para el tratamiento de aguas de lastre, físicos/mecánicos, en este caso, mediante filtración y radiación UV. Hay empresas que pueden instalar equipos que distribuyen la misma empresa, o equipos que ha comprado la naviera aparte.

Para el funcionamiento de este sistema, se tiene que disponer de bombas de succión de las aguas de lastre, capaces de trabajar con la cantidad de metros cúbicos de agua a la hora recomendada.

Los buques de OPDR, disponen de unas bombas de lastre, con una capacidad de succión de $250 \text{ m}^3 / \text{h}$, por lo que, a la hora de elegir el sistema ideal para nuestro sistema de aguas de lastre, debe de estar preparado para poder realizar los tratamientos de agua de lastre de manera adecuada y a la velocidad normal de succión de las bombas de lastre.

Como recomendación, a la hora de adquirir un sistema para tratamiento de agua de lastre, se debe de elegir un rango óptimo de trabajo según los m^3 / h de sistema de tratamiento. Esto quiere decir, que si los buques de OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, disponen de unas bombas de agua de lastre de $250 \text{ m}^3 / \text{h}$ de agua, se debe de elegir un sistema que tenga un rango de trabajo entre $100\text{-}300 \text{ m}^3 / \text{h}$ o $200\text{-}350 \text{ m}^3 / \text{h}$.

Como se ha citado anteriormente, los buques OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA, disponen de una capacidad total de agua dentro de los tanques de lastre, de 4322 m^3 .

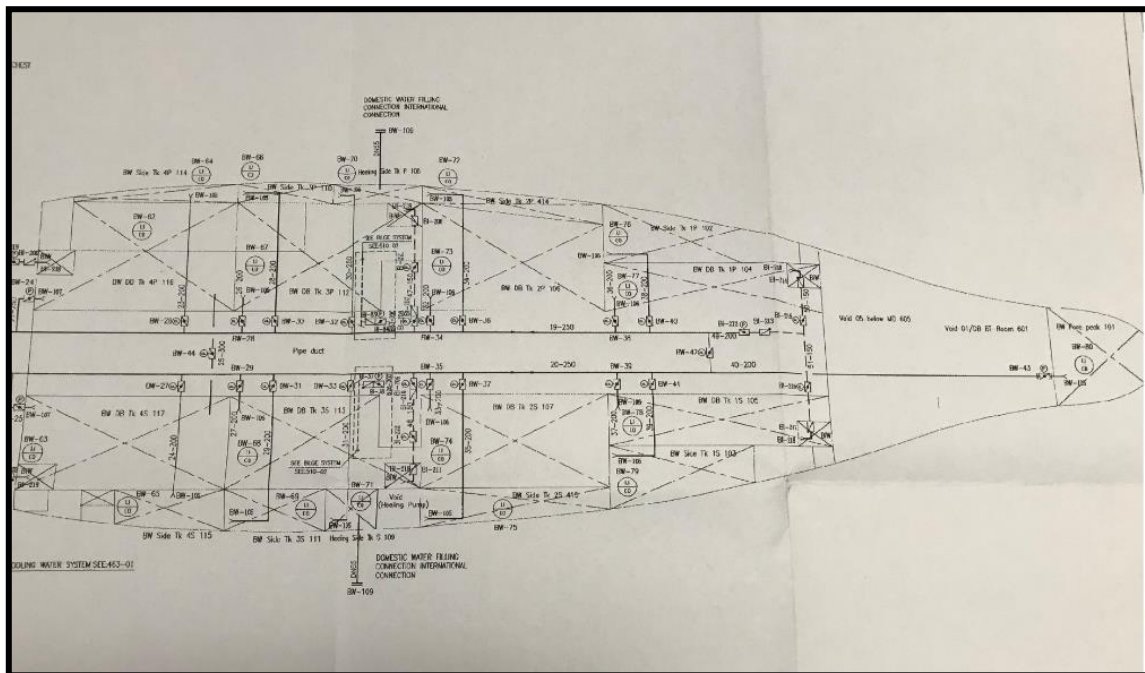


Ilustración Nº45. Plano representativo de la cantidad de tanques de lastre del buque OPDR ANDALUCÍA. Fuente: Trabajo de campo.

- Diseño de la instalación de la línea de agua de lastre:

Una vez conocido donde se va a instalar el sistema para tratamiento del agua de lastre, se tiene que realizar los circuitos de agua de lastre, para los sistemas de tratamiento de aguas de lastre del buque.

Estas líneas de agua de lastre deben de ser independiente del resto de las líneas líquidas del buque, por lo que se tendrá que diseñar el recorrido de estas tuberías, desde los sistemas para el tratamiento de aguas de lastre, hasta las bombas de agua de lastre. Estas líneas de aguas de lastre, que van hasta los nuevos sistemas de tratamiento, deben ser de un espesor considerable, y a su vez, deben estar conectadas entre sí por bridas reforzadas, o por soldadura, en todas sus uniones.

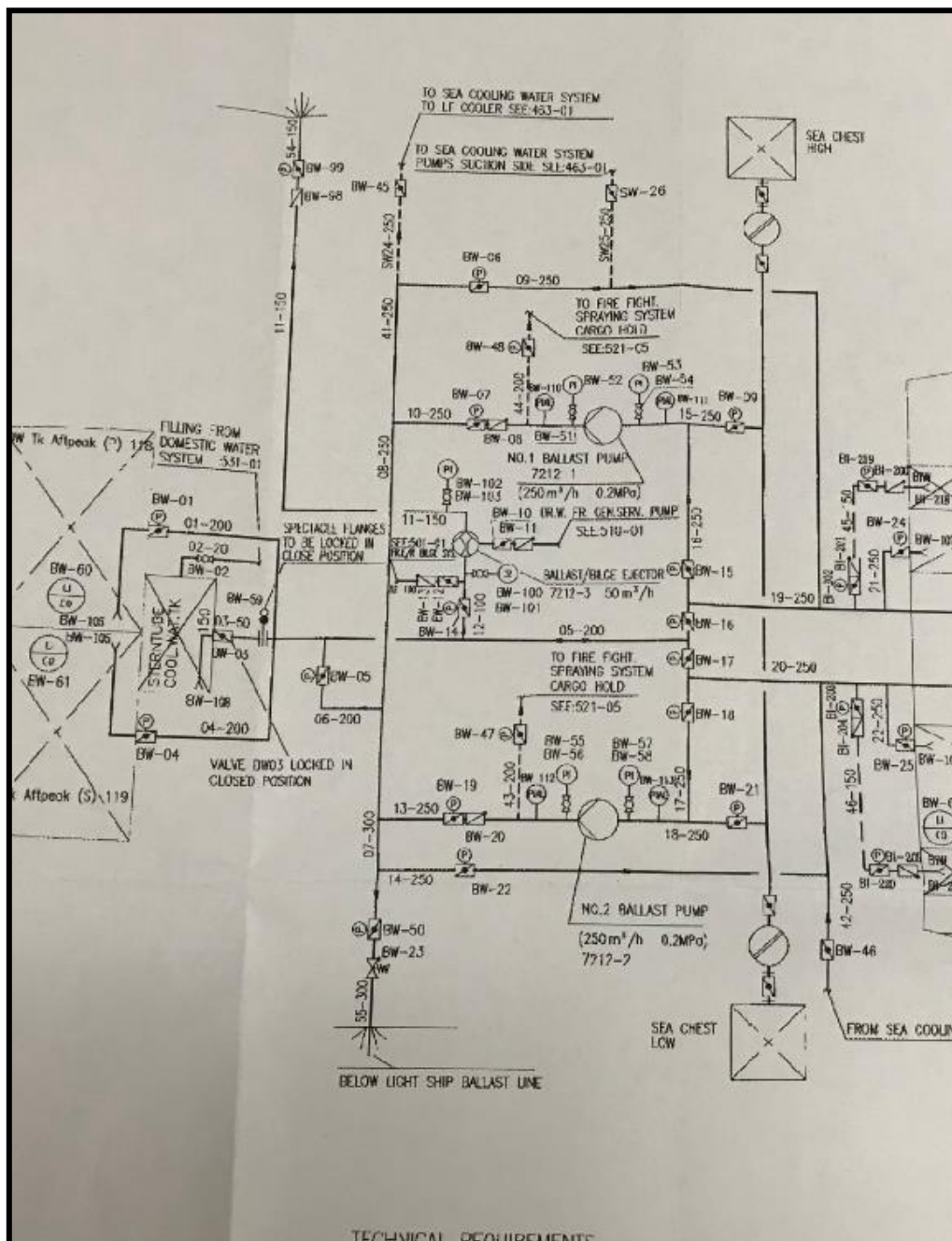


Ilustración Nº46. Plano Sistema de lastre, buque OPDR ANDALUCÍA.

Fuente [75]

El sistema de agua de lastre de los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, lo podemos encontrar bien representados en los planos. La Ilustración del plano del sistema de lastre, indica como está conectado las tomas de mar, con las bombas de agua de lastre y sus diferentes conexiones hasta los tanques de lastre. A la hora de desarrollar el proyecto de ingeniería, hay

implementar en estos planos del sistema de lastre de los buques, el nuevo sistema que se va a instalar para el tratamiento del agua de lastre.

En las zonas determinada, se necesitará la instalación de nuevas válvulas y sus accesorios, controladas por control remoto, a la vez de líneas complementarias, que sirvan de bypass, por si es necesario realizar una succión de agua de lastre, sin necesidad de tratarlas (caso de emergencia), o por si hay una necesidad, de expulsar el agua de lastre de los tanques, por la borda del buque sin tratarlas (caso de emergencia).

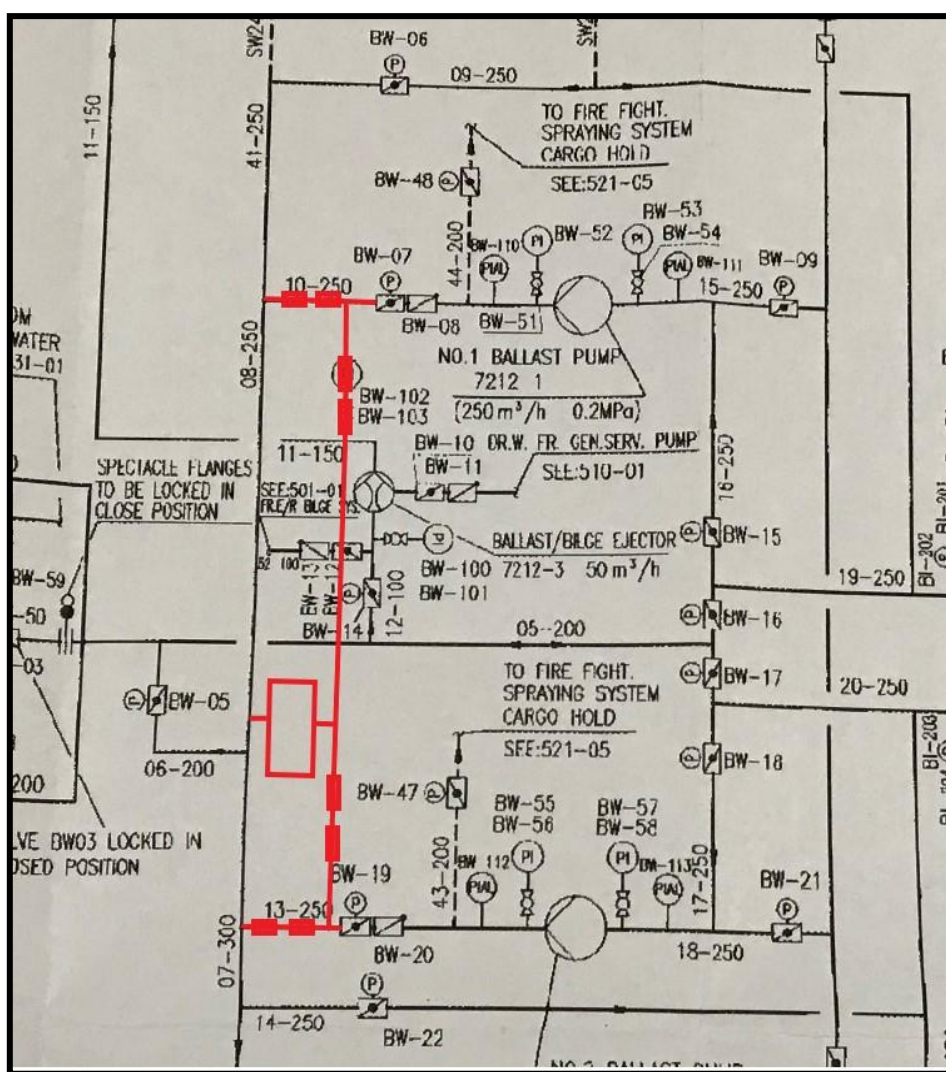


Ilustración Nº47. Adaptación del sistema BWTS en el plano del sistema de lastre.

Fuente [75]

- Materiales y obras para ejecutar

Se precisará del material necesario, para la construcción del sistema de tuberías de la toma de agua de mar, sistema hidráulico de la planta, neumático, y su vez de la instalación eléctrica que se tendrá que realizar en la planta.

A su vez se tendrán que realizar preparativos para adecuar el suelo de la instalación, como el instalar planchas para cubrir los sistemas y las tuberías.

5.3.3 EJECUCIÓN.

A la hora de instalar el sistema de tratamiento de agua del lastre, en los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA, hay que contar con una serie de factores, y aportar posibles soluciones, para evitar estar con el buque parado, el menor tiempo posible, debido a la instalación de este nuevo sistema.

Una de las opciones que se quieren evitar, es la obligación de tener los buques en astilleros o en varadero, para la instalación de los sistemas para el tratamiento de agua de lastre. Tener un buque parado, sin posibilidad de realizar sus operaciones normales, supone una gran pérdida de dinero para la naviera, por lo que se descarta la posibilidad de parar el barco para instalar estos sistemas, a no ser, que se tengan que realizar también otro tipo de reparaciones en el buque, por lo que se podría aprovechar en esos momentos, para realizar la instalación.

Según los estudios realizados, el proceso de ejecución de este proyecto consta de varias fases, las cuales se pueden cumplir en determinados periodos de tiempo.

En el caso de que se contrate una empresa aparte, para poder realizar el proyecto a bordo, las primeras fases constarán de realizar mediciones dentro de la sala de máquinas, y los cálculos necesarios, para obtener la mejor ubicación posible para el sistema, y favorecer de la mejor manera posible su funcionamiento. Estas mediciones y cálculos se podrían hacer con el buque realizando operaciones de manera normal.

Una vez realizado el proyecto, presupuestos, y que sea aprobado por la naviera, se estudiaría como realizar esa instalación, sin necesidad de tener el buque parado. En este momento, entra en juego la empresa con la que trabajes, ya que, por lo que se ha estudiado, hay empresas que facilitarían un montaje de la planta con el buque en operación, y una vez montada y realizada la instalación del sistema, realizando pruebas de seguridad y funcionamiento, se conectaría el sistema a las entradas y salidas de las bombas de lastre.

De otro modo, también hay empresas que solo trabajan en puerto, obligando de esta manera a tener que parar el buque, para poder realizar esta instalación. Ante este aspecto, se podría contemplar la posibilidad de ir montando el sistema dentro del buque, poco a poco, en los momentos en los que el buque duerma en el puerto más próximo a la empresa.

Hay que destacar también, la necesidad de instalar un sistema para el tratamiento del agua de lastre modular, que sea capaz de ser desmontado por piezas, y así poder introducirlo de manera sencilla dentro de la sala de máquinas.

Estimaciones:

- Según los datos, el coste de los sistemas junto a los materiales empleados, y el coste de la mano de obra, constaría de un presupuesto total para la instalación de un sistema para tratamiento de aguas del lastre entre los 500.000€ y los 600.000€ para cada buque.
- La realización del proyecto de ingeniería, con todos los estudios, mediciones, cálculos, y diseño de las líneas de agua, y de los sistemas eléctricos, conllevará entre 7 u 8 meses (todo esto depende de la empresa la cual se contrate para la realización del proyecto, el tiempo en la obtención y fabricación de los sistemas, y la logística para el transporte del sistema y materiales).
- El tiempo para la instalación del sistema, rondará los 10-15 días, según el modo de trabajo (alta mar, en puerto, o en astilleros).

5.3.4 CERTIFICACIÓN.

Cuando los buques OPDR CANARIAS y OPDR ANDALUCÍA fueron construidos, (años 2006 y 2007 respectivamente), se les instaló su propio sistema para tratamientos de agua de lastre por cambios de aguas.

Estos sistemas de cambio de agua de lastre basan su funcionamiento, en ubicar en las partes más altas de cada tanque de agua de lastre de los buques, una serie de reboses. Estos reboses ayudan a poder realizar un cambio completo de las aguas de lastre que están dentro de los tanques de lastre. Su funcionamiento consta de llenar los tanques de lastre de agua, hasta que esta salga por los reboses hacia el mar, y dejar un tiempo el tanque rebosándose con las bombas de lastre metiendo agua nueva, para regenerar toda el agua en su interior (Normalmente se deja que la bomba de agua de lastre bombee un 95% del agua que puede entrar en el tanque, una vez este esté lleno). Después de esto, se vuelve a vaciar el tanque de agua de lastre. Este sistema cumple con la regla D-1 del convenio BWM de la OMI, realizando como mínimo un 95% del cambio volumétrico del agua, dentro de los tanques de lastre.

Con la utilización de este método para realizar cambios del agua de lastre, los buques OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA, fueron dotados de un certificado, del cumplimiento del “BWMS CONVENTION”. Este “CERTIFICADO INTERNACIONAL DE GESTIÓN DE AGUA DE LASTRE” dota a los buques, con a la certificación del “Convenio internacional para el control y la gestión de agua de lastre y los sedimentos de los buques”, justificando así, el cumplimiento de la regla D-1, impuesta por el convenio BWM de la OMI.

A su vez, los buques disponen de un manual de gestión y operación de este sistema de tratamiento por cambios de agua, del agua de lastre, donde se muestra la operativa a seguir, para realizar los denominados cambios de las aguas de lastre del buque. Este manual está supervisado, certificado y aprobado por la bandera y la clase.

Para el cumplimiento de esta normativa, a modo de rutina, se exige una serie de cambios de agua de lastre mínimos al año, los cuales deben anotarse en un registro. Según en qué puerto se ubiquen los barcos, capitánía marítima puede pedir estos registros, así como investigar si los oficiales saben cómo realizar estas maniobras a bordo, para el cambio de aguas de lastre del buque, llenando los tanques hasta su rebose.

También cabe destacar, la existencia de la certificación IOPP que tienen los buques de OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA. Este certificado IOPP, consta de la “CERTIFICACIÓN INTERNACIONAL DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS”. Este certificado, va acompañado de un registro de datos de construcción e inventario del equipo de los buques, certificando así:

- El buque cumple con la normativa impuesta por la regla 6 del Anexo I del convenio.
- Se inspeccionó la estructura, equipo, accesorios, materiales (entre otras cosas) del buque, dando por satisfactorio que el buque cumple con las prescripciones aplicables del Anexo I del Convenio.

Este certificado, fue validado el 04/11/16, y tiene una fecha tope de validez, hasta el 01/01/22. Esto significa, que el 01/01/22, los buques deben de disponer de un sistema para tratamientos de agua de lastre óptimo, para realizar una nueva certificación.

Lo interesante de esta cuestión, se encuentra en que, sobre esas fechas, los buques de OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA prevén una parada en astilleros, para realizarle al buque trabajo de mantenimientos y alguna reparación, por lo que sería óptimo, que, en esta varada, se realice las nuevas instalaciones de los sistemas de agua de lastre en los buques, para así pasar la certificación.

Una vez instalado estos sistemas, realizando pruebas de su funcionamiento, recibirán la certificación IOPP. Esta certificación, validará los dos sistemas con los que se podrá tratar el agua de lastre en el buque, el de cambios de agua (cumpliendo así la regla D-1 del BWM de la OMI), y con los sistemas de tratamiento de agua de lastre, por filtración y radiación UV (Cumpliendo así las reglas D-1 y D-2 del BWM de la OMI).

Cabe destacar, que, al realizar la instalación de este nuevo sistema, también se tiene que realizar una modificación del manual existente ‘‘Ballast Water Managment Plan’’, que disponen los buques de OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA, donde se expresará la operativa a seguir, para realizar un cambio de agua de lastre, con los dos sistemas.

5.4 IMPACTOS ADICIONALES.

Posibilidad de necesitar un dimensionamiento de la bomba y, por consiguiente, cambio en el estudio del balance eléctrico del buque.

Debido a que se produce la instauración de un nuevo sistema a la planta, podría plantearse la necesidad de rehacer el balance eléctrico de la instalación producto del aumento de potencia producido por el nuevo elemento.

Estas plantas se diseñan con unos parámetros de seguridad que permitan añadir consumidores nuevos, aparte de que se permita el mantenimiento sin problema debido a la pérdida de potencia por el paso de tiempo en los sistemas.

Como este consumo no supondría un aumento muy significativo, ya que los generadores abordo son capaces de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento óptimo del buque, atenderemos a las posibles pérdidas de carga que puedan surgir en las tuberías con motivo del nuevo sistema a instaurar.

Para solventar este problema, se debería instalar un sistema capaz de suministrar la cantidad requerida por la bomba, así como no descuidar la pérdida de carga fruto de este nuevo dispositivo.

En cualquier caso, se debe probar que la fricción o las pérdidas de carga en el nuevo sistema hacen que el funcionamiento sea inadecuado. Por ejemplo, podría surgir el problema de que las bombas existentes no fuesen capaces de mantener el caudal y presión demandados, siendo necesario un cambio de bombas a unas con mayor dimensionamiento o instalación de una tercera con los inconvenientes que conllevaría la instauración de las tuberías ya vigentes.

Para averiguar las pérdidas de carga que producen estas tuberías y los sistemas nuevos, debemos partir de una tabla que represente los dispositivos nuevos del sistema, así como sus características y llevar a cabo los cálculos pertinentes teniendo siempre la visión de la planta mediante los planos para no errar en el dimensionamiento.

Recambios, consumibles, labores de mantenimiento y supervisión.

Atendiendo a los posibles recambios y consumibles, así como el mantenimiento de los sistemas, podremos dividir el tema a tratar en las dos posibles ofertas que se nos plantean para tratar el objeto de este trabajo de fin de grado.

Para ello comenzaremos hablando del PureBallast de Alfa Laval. Este sistema ofrece un curso para aquellas personas que estarán encargadas de operar y realizar mantenimiento a bordo del buque.

Al finalizar este curso, cada participante comprenderá los procesos de tratamiento del agua mediante dicho sistema, así como solucionar cualquier problema que pueda surgir durante su funcionamiento.

De esta forma también se familiarizarán con la calibración de cada uno de los dispositivos vigentes en el sistema.

Además, por otro lado, se imparte un curso para armadores por medio de proveedores expertos en dichos sistemas. Es un curso dedicado al personal administrativo con el fin de conocer el funcionamiento de la organización enfocada al trabajo de las aguas de lastre y optimizar al máximo el costo de funcionamiento del PureBallast.

Gracias a este curso los participantes podrán comprender aspectos básicos de este sistema, así como las exigencias reglamentarias y responsabilidades de los armadores para cumplir con la legislación de la OMI y del USCG.

Atendiendo al uso de consumibles y piezas que requieren de revisión, se atenderán acorde a las recomendaciones suministradas por el fabricante siendo este tiempo de uso, lavado, y recambios.

Dicho sistema deberá ser utilizado con todas sus funciones mínimamente una vez al mes, seguido por un lavado in situ del CIP para evitar cualquier posible incrustación o acumulación de sedimentos que se pueda producir.

De esta forma el proveedor también realizara un mantenimiento preventivo abordado anualmente mediante la verificación del sistema, así como posibles actualizaciones del software, calibración de sensores, verificaciones y pruebas del sistema.

Las partes que se pueden considerar consumibles durante la parte de mantenimiento ordinario son las siguientes:

- Líquido del CIP
- Antorchas ultravioletas tras 3.000 horas de uso
- Fuentes de alimentación de las antorchas tras 10.000 horas de uso
- Kit de sellado de los filtros

Entre los procedimientos considerados de baja dificultad y se espera que se lleven a cabo por la tripulación del buque podemos encontrar los ajustes correctivos, una vez la empresa haya suministrado los elementos pertinentes:

- Antorchas UV
- Mangas de cuarzo
- Fuente de alimentación de la antorcha
- Elemento filtrante
- Otras partes no integrales como interruptores, sensores y transmisores (cuando el trabajo de reparación o mantenimiento sea sencillo)

En cuanto al otro sistema, Aquarius UV de Wärtsilä, se nos presentan soluciones flexibles ya que la empresa nos ofrece el suministro a modo de kits o componentes sueltos y como alternativa también se puede disponer de forma modular, así como un diseño de asentamiento modular a medida.

En adición a esto, el escaneo digital interno, la ingeniería y la puesta en servicio está disponible mediante la organización de servicios globales de Wärtsilä.

La empresa ofrece soluciones para satisfacer las necesidades del comprador sin descuidar la huella ambiental, mejorar la eficiencia operativa y, por lo tanto, aumentando la reputación.

Wärtsilä se compromete a asistir de forma eficiente a los clientes durante todo el ciclo de vida del sistema, así como su proceso de modernización, proporcionando excelentes capacidades de ingeniería, dispositivos de bajo riesgo, minimización del tiempo de inactividad, menores costes de gestión de proyectos del comprador, además de soluciones que se encuentran dentro del marco normativo y son respetuosas con el medioambiente.

Tras completar este proyecto de modernización del comprador, la red de servicios de la empresa apoyara a los clientes durante todo el ciclo de vida del buque, entendiendo entre las principales ventajas de esto:

- Flexibilidad de Wärtsilä acorde a las necesidades del cliente, este proyecto de actualización tiene la capacidad de variar desde una simple entrega de equipos hasta el tratamiento de un proyecto completo.
- Como proveedor de soluciones totales, la empresa puede gestionar el proyecto de modernización, desde la selección y configuración de los equipos hasta las aprobaciones de clase y bandera, así como la ingeniería de la instalación y la supervisión de esta.
- Compromiso en entregar instalaciones de alta calidad, minimizando la inactividad y el riesgo durante los procesos, cumpliendo siempre la normativa.
- Con dicha elección, los armadores tienen un único punto de contacto, reduciendo los costes de gestión del proyecto acordes a los proveedores de equipos, astilleros, compañías de ingeniería y sociedades de clase/bandera.

En cuanto a las fases principales del programa de asociación con los clientes por parte de la empresa para un sistema de gestión de agua de lastre encontramos:

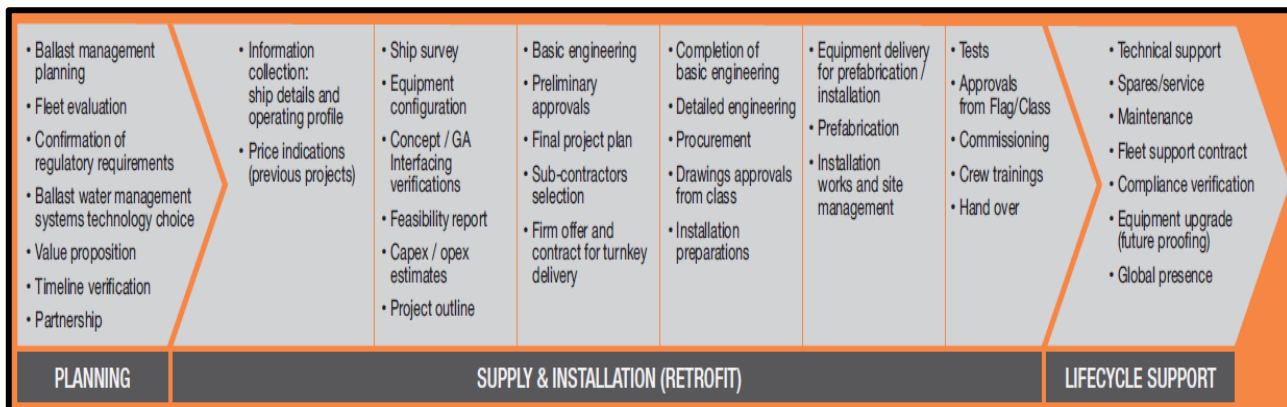


Ilustración Nª48. Fases asociadas con clientes 3.1

Fuente [76]

Ante la posibilidad de dicha instalación, también se debe abordar la posibilidad de requerir la implantación de un cuadro eléctrico o sistema de aporte energético ya que, como se ha podido observar en ambas propuestas, se requiere de un puesto de mando o control capaz de llevar a cabo operaciones de monitorización y control de forma remota.

También cabe la posibilidad de instalar un acople modular únicamente para dicho sistema, evitando así la necesidad de modificar completamente los cuadros eléctricos de ambos buques.

5.5 PROPUESTA FINAL.

Una vez tenido en cuenta todos estos puntos tratados durante el trabajo de fin de grado, debemos resaltar una serie de sugerencias que hemos podido recopilar a lo largo de la realización de este y que a nuestro juicio consideramos esenciales a la hora de llevar a cabo los posibles proyectos propuestos:

- Se ha decidido optar, por recomendar un sistema de tratamiento del agua de lastre mecánico/físico, por filtración y radiación UV. Esto se debe, a que es uno de los tratamientos en los que más se ha avanzado en los últimos años, por lo que la oferta de estos sistemas es bastante común, con marcas de calidad ofertándolos.
- Se ha optado por recomendar dos marcas, que trabajan con los sistemas de filtración y radiación UV. En este caso se habla de marcas conocidas mundialmente como Alfa Laval, o Wärtsilä.
- Los sistemas propuestos, tienen la característica de que se pueden instalar modularmente, debido a la disposición de donde se va a instalar estos sistemas, se necesita llevarlos por piezas.
- Se eligió un lugar óptimo dentro de la sala de máquinas, donde se podría instalar estos sistemas de tratamiento, ubicado en la cámara de bombas del buque. Se nombra la realización de un proyecto de ingeniería, con los pasos que se deberían seguir.
- Los plazos de ejecución de la instalación del sistema variarán según cómo se quiere realizar esta instalación. Como se ha comentado anteriormente, hay empresas que ofrecen sus servicios en alta mar, en sus puertos locales o astilleros, incluso algunas empresas son capaces de viajar a puertos extranjeros, para realizar dichas instalaciones a bordo de los buques. Cabe destacar, que el plus de trabajar en horario nocturno, en alta mar, o en un país extranjero, sumaría un coste adicional al presupuesto final.

“APLICACIÓN CONVENIO BWM PARA LOS BUQUES OPDR CANARIAS Y ANDALUCÍA”

- No es necesario, que la empresa que se dedique a realizar el proyecto de ingeniería sea la encargada también de ejecutar la obra del proyecto. Normalmente, las empresas que se dedican a hacer este tipo de proyectos ofertan sus propios sistemas y ofertan empresas para la ejecución del proyecto. En cualquier caso, si la naviera desea, puede contratar algún otro sistema de diferente marca u otra empresa para la ejecución de la obra, que no sea lo ofertado por la empresa que se dedica a la realización del proyecto de ingeniería.
- Aunque actualmente hay bastante stock de diferentes sistemas para el tratamiento de las aguas de lastre, en conjunto sus materiales, se prevé que para 2020, la demanda de estos sistemas aumente considerablemente, con lo que aumentará también su coste.
- Para poder certificar el nuevo sistema para tratamientos de agua de lastre, este debe de estar instalado, y tener realizadas correctamente las pruebas de funcionamiento para su puesta en marcha, antes del 01/01/22 según la fecha límite del certificado IOPP, por lo que se deberá de tener en cuenta, para la compra del sistema a instalar, y la realización de la instalación del sistema antes de la fecha prevista.



Ilustración Nº49. Foto oficinas OPDR

Fuente Trabajo de campo

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

En este último apartado de este Trabajo de Fin de Grado, justificaremos que, hemos podido desarrollar con éxito este trabajo, realizando una serie de investigaciones, llegando a las siguientes conclusiones:

→ Hemos podido identificar, cual es la normativa vigente que se aplica en los buques, referente a los sistemas para tratamientos del agua de lastre.

→ Hemos comprendido cuales son los motivos por los que la OMI incita a los buques, a disponer de una planta de tratamiento del agua de óptima para cumplir las reglas y directrices de la normativa.

→ Hemos podido realizar un análisis general, de los distintos tipos de sistemas disponibles hoy en día, para realizar tratamientos del agua de lastre a bordo de los buques.

→ Hemos realizado un estudio y seleccionado un tipo de sistema idóneo, para poder instalar en los buques OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA.

→ Hemos desglosado los procesos a realizar, y las consideraciones para tener en cuenta, a la hora de realizar un proyecto de ingeniería, contando con los plazos de ejecución, certificaciones y los impactos adicionales, a la hora de instalar un sistema para tratamiento del agua de lastre, en los buques OPDR CANARIAS y ANDALUCÍA de la compañía a SCHULTE GROUP, gestionados por BERNHARD SCHULTE CANARIAS S.A.

VII. BIBLIOGRAFÍA

VII. BIBLIOGRAFÍA.

[1] <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/2845/1/Monograf%C3%ADa%20Aguas%20de%20Lastre.pdf>

[2] <https://www.youtube.com/watch?v=LRom44qGBWA>

[3] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm?utm_source=rss&utm_medium=rss

[4] http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/962/1/Victor%20Razuri%20Esteves_Articulo_Investiga%20UTP_2018.pdf

[5] <http://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/BWM/Paginas/Default.aspx>

[6] <https://www.ifop.cl/floracion-de-alexandrium-catenella/>

[7] <http://placidossociales.blogspot.com/2019/02/caulerpa-taxifolia.html>

[8] https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/29881/GARCIA%20ALVAREZ%2C%20Elena_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[9] <https://www.bbzx.com/el-mejillon-cebra-introduccion-a-un-grave-problema/>

[10] <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Biofouling/Paginas/Common-Hull-Fouling-Invasive-Species.aspx>

[11] <https://www.marinebiosecurity.org.nz/charybdis-japonica/>

[12] <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/white-spot-disease-es.pdf>

[13] <https://www.inaturalist.org/taxa/209010-Charybdis-japonica>

[14] <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Biofouling/Paginas/Common-Hull-Fouling-Invasive-Species.aspx>

[15] https://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=invasiveprofiles.didemnum_characteristics

[16] <http://www.european-marine-life.org/32/photo-didemnum-vexillum-wb01.php>

[17] <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Biofouling/Paginas/Common-Hull-Fouling-Invasive-Species.aspx>

- [18] <https://bie.ala.org.au/species/urn:lsid:biodiversity.org.au:afd.taxon:a6da049e-d4cb-4ddc-8306-cae346ad880a>
- [19] <https://www.marinebiosecurity.org.nz/asterias-amurensis/>
- [20] <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Biofouling/Paginas/Common-Hull-Fouling-Invasive-Species.aspx>
- [21] <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/5370/Reporte%20de%20Perna%20en%20Marial%202021308.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [22] http://www.aphotomarine.com/bivalve_perna_viridis.html
- [23] <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Biofouling/Paginas/Common-Hull-Fouling-Invasive-Species.aspx>
- [24] https://www.researchgate.net/figure/Estuarine-mussel-Mytilopsis-sallei-in-Japan_fig38_273450927
- [25] https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/29881/GARCIA%20ALVAREZ%2C%20Elena_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y PAGINA 14
- [26] http://www.anave.es/images/seguridad/anave_convenio_agua_de_lastre.pdf
- [27] <http://www.imo.org/es/mediacentre/pressbriefings/paginas/22-bwm-.aspx>
- [28] <http://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/BWM/Paginas/Default.aspx>
- [29] [http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)
- [30] [http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)
- [31] (http://www.diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5496682&fecha=08/09/2017)
- [32] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-10960
- [33] **LIBRO: BALLAST WATER MANAGEMENT CONVENTION – IMO 2009 EDITION – PAGINAS 17-20**

[34] LIBRO: BALLAST WATER MANAGEMENT CONVENTION – IMO 2009 EDITION – PAGINAS 20-24

[35] LIBRO: BALLAST WATER MANAGEMENT CONVENTION – IMO 2009 EDITION – PAGINAS 24-26

[36] LIBRO: BALLAST WATER MANAGEMENT CONVENTION – IMO 2009 EDITION – PAGINAS 27-28

[37] LIBRO: BALLAST WATER MANAGEMENT CONVENTION – IMO 2009 EDITION – PAGINAS 30-42

[38]<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Documents/Table%20of%20BA%20FA%20TA%20updated%20August%202017.pdf>

[39] LIBRO: BALLAST WATER MANAGEMENT CONVENTION – IMO 2009 EDITION – PAGINAS 170

[40] https://www.researchgate.net/figure/Layout-of-a-Typical-Shipboard-Ballast-Water-Treatment-System-showing-Ballast-Pump_fig5_326960782

[41] <http://tecnologia-maritima.blogspot.com/2013/02/sistemas-de-tratamiento-de-agua-de.html>

[42] <https://www.bollfilter.com/es/filtros/sector-naval/filtro-de-agua-de-lastre.html>

[43][https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria Sanitaria A4 Capitulo 06 Tratamiento de Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf) PAGINA 39

[44]https://www.bollfilter.com/fileadmin/downloads/prospekte/automatic-filter-ballastwater-type-6.18.3-en-BOLLFILTER_01.pdf

[45] <https://www.bollfilter.com/es/filtros/detalle/ballast-water-filter-aquabollr.html>

[46]<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12216/Neus%20T%C3%A9lez%20Rodero%20>

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12216/Neus%20T%C3%A9lez%20Rodero%20-](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12216/Neus%20T%C3%A9lez%20Rodero%20)

[%20TFC%20Diplomatura%20Navegaci%C3%B3n%20Mar%C3%ADtima.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12216/Neus%20T%C3%A9lez%20Rodero%20-%20TFC%20Diplomatura%20Navegaci%C3%B3n%20Mar%C3%ADtima.pdf)
página 134.

[48] <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v34n2/rtq06214.pdf> PAGINA 5

- [49] <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20263/fichero/VOLUMEN+1%252FCAP%2C%203%20TULO+2.pdf>
- [50] https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/29881/GARCIA%20ALVAREZ%2C%20Elena_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y página 40
- [51] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18035/PFC.%20Estudio%20del%20dispositivo%20para%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20de%20lastre..pdf?sequence=1&isAllowed=y> página 53
- [52] https://www.heraeus.com/es/hng/industries_and_applications/uv_technology/uv_ballast_water_treatment.html
- [53] <https://www.gea.com/es/products/ballastmaster-ultraV.jsp>
- [54] <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conamalocal2017/CT%202017/60.pdf> página 11
- [55] <https://www.hielscher.com/es/ultrasonic-ballast-water-disinfection.htm>
- [56] https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/29881/GARCIA%20ALVAREZ%2C%20Elena_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y **Página 24**
- [57] https://www.schultegroup.com/presentfleet_container.htm
- [58] <https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/225315000>
- [59] <https://www.vesselfinder.com/es/ship-photos/34861>
- [60] <https://www.macandrews.com/routes/seci-spain-canary-islands/>
- [61] <https://www.macandrews.com/routes/bavi-east-spain-canary-islands/>
- [62] <https://elcapitalfinanciero.com/panama-aun-no-ratifica-convenio-sobre-aguas-de-lastre/>
- [63] <https://www.tcpit.es/gestion-aguas-lastre-transporte-maritimo/>
- [64] https://www.schultegroup.com/presentfleet_container.htm
- [65] <https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/225315000>
- [66] <https://www.vesselfinder.com/es/ship-photos/34861>
- [67] <https://www.macandrews.com/routes/seci-spain-canary-islands/>
- [68] Documento características bombas de lastre, buque OPDR ANDALUCÍA, proporcionados por la compañía BERNHARD SCHULTE CANARIAS S.A

[69] <https://www.alfalaval.es/productos-y-soluciones/soluciones-de-proceso/soluciones-para-agua-de-lastre/pureballast-3-1/>

[70] <https://www.ballastwatercontainers.com/bwc-bute/>

[71] <https://www.goltens.es/green-technologies/tight-timelines-met-on-bwt-retrofit-for-advanced-pipelay-vessel>

[72] <https://www.wartsila.com/marine/build/ballast-water>

[73] <https://www.ballastwatercontainers.com/bwc-bute/>

[74] <https://www.goltens.es/green-technologies/tight-timelines-met-on-bwt-retrofit-for-advanced-pipelay-vessel>

[75] Planos del buque OPDR ANDALUCÍA, suministrados por la compañía BERNHARD SCHULTE CANARIAS S.A

[76] <https://www.wartsila.com/marine/build/ballast-water>