

UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO

Maestría en Gestión Marítima y Portuaria

Planta de Lastre para Buques de Tráfico Marítimo Internacional

Laura Magdalena Núñez Arellano

Licenciada en Gestión del Transporte

PhD Leonardo Gutiérrez

Guayaquil, 2 de septiembre de 2021

	FORMATOS PARA LA TITULACION DE POSGRADO	Fecha: 15/09/18
		Versión: 001
	GP-FR-T-01- FORMATOS PARA TRABAJO DE TITULACION	Página: 1 de 1



FORM #15

DECLARACION DE AUTORIA

Yo, Laura Magdalena Núñez Arellano, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado, calificación profesional, o proyecto público ni privado; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

En caso de que la Universidad auspicie el estudio, se incluirá el siguiente párrafo:

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD DEL PACIFICO, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Laura Magdalena Núñez Arellano
Laurita Núñez
 Nombre y firma

Resumen

El proceso de intercambio comercial a gran escala de productos en la actualidad se lo realiza a nivel marítimo, por su bajo costo en comparación con otras formas de realizar comercio, generando que el transporte fluvial desplace más de 10 mil millones de toneladas de agua lastre cada año, proceso necesario que deben realizar los barcos para mantenerse a flote con normalidad, de allí nace una problemática de afectación a la biodiversidad marítima de los puertos donde los barcos descargan el agua lastre. Este trabajo de investigación tiene como objetivo proveer de información científica sobre los diferentes tratamientos que se realiza en las plantas de tratamiento de los buques de tráfico marítimo internacional para el agua de lastre, información necesaria para que las personas inmersas en esta temática puedan contar con información específica para que conozcan cuales de los procesos de tratamiento para el agua de lastre es el más adecuado y el que genera un menor impacto al ecosistema marítimo, revisión que permitió determinar la existencia de dos sistemas de tratamiento para el agua de lastre que se caracterizan por ser amigables con el ambiente, fáciles de operar, garantizan el adecuado tratamiento del agua lastre, costos accesibles de operación e implementación y que cumplen con todos los requerimientos que la OMI exige y son: el Sistema PureBallast y el Erma First Bwst, investigación que se sustenta en una revisión sistemática de contenidos de artículos específicos a la temática de los últimos 10 años de las plataformas Latindex, Google Académico y Scielo, utilizando las palabras claves: Agua de Lastre, transporte fluvial, Diversidad Biológica.

Palabras Claves: Agua de Lastre, transporte fluvial, Diversidad Biológica, agentes patógenos, Gestión de aguas

Abstract

The process of large-scale commercial exchange of products is currently carried out at the maritime level, due to its low cost compared to other forms of trade, generating that river transport displaces more than 10 billion tons of ballast water each year, a necessary process that ships must carry out to stay afloat normally, hence a problem of affecting the maritime biodiversity of the ports where ships unload ballast water arises. This research work aims to provide scientific information on the different treatments carried out in the treatment plants of international maritime traffic for ballast water, necessary information so that people immersed in this subject can tell with specific information so that they know which of the treatment processes for ballast water is the most appropriate and the one that generates the least impact on the maritime ecosystem, this review made it possible to determine the existence of two treatment systems for ballast water that are characterized by being environmentally friendly, easy to operate, guaranteeing adequate ballast water treatment, affordable operation and implementation costs, and complying with all requirements that the IMO demands and they are: the PureBallast System and the Erma First Bwst, research that is based on a systematic review of the contents of articles specific to the subject of the last 10 years of the Latindex, Google Academic and Scielo platforms, using the keywords: Ballast water, river transport, Biological Diversity.

Key Words: Ballast water, river transport, Biological Diversity, pathogens, Water management.

1. INTRODUCCIÓN

El intercambio comercial a nivel mundial aumenta de manera significativa, gracias a la utilización de diversos medios de transporte donde se incluye el marítimo, ya que éste último es uno de los más utilizados por ser económico llegando a transportar más del 80% de la carga mundial. Lo que permite inferir que los océanos del mundo se encuentran sobre saturados de embarcaciones navieras que de una forma u otra generan contaminación al medio acuático y uno de los principales causantes es el descargue del agua de lastre. La Organización Marítima Internacional expresa que cada año se traslada en las embarcaciones navieras más o menos 10.000.000.000 t de agua lastre. Las embarcaciones cuando llegan al puerto para realizar las operaciones de carga y descarga de productos, implícitamente deben utilizar el agua de mar para su proceso de lastrado y deslastrado, proceso que se lo realiza en el interior de grandes tanques que aproximadamente llegan a tener un volumen que podría ir entre cientos de litros hasta 100.000 t aproximadamente.

En el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) se trata este tema mencionando que el agua de lastre es el mecanismo principal para mantener la estabilidad del barco y el método adoptado por los primeros navegantes, cuyas embarcaciones se cargaron con lastre sólido (rocas, arena o metal), pero a principios de la década de 1880, este proceso se remplazó con el agua ya que era accesible, barata, rápida, eficiente y fácil de cargar o descargar. El agua lastre es fácil de adquirir y de transportar ya que se lo realiza por medio de transporte marítimo (CDB, 2015). La presente investigación, caracterizada por la revisión sistemática de contenidos, está orientada a proveer información actualizada para que se logre realizar un análisis sobre cómo debe ser la implementación de una planta de lastre en buques de tráfico marítimo internacional y así permitir conocer sobre los sistemas para el tratamiento de aguas de lastre.

2. Marco Teórico

Investigaciones realizadas por Criales-Hernandez, (2014) y la OMI, (2012) destacan la prioridad del uso del agua de lastre para perfeccionar el proceso de navegación y seguridad de la nave, lo que permite garantizar la estabilidad de la misma pero también es necesario conocer que es considerada como una de las mayores fuentes de contaminación del mar a nivel mundial, porque cuando se cargan de agua lastre los tanques se realiza con agua de mar, la que contiene microorganismos, larvas o huevos de invertebrados; llegando a transportar cada día aproximadamente 7.000 especies del punto de salida al de llegada generando contaminación en el entorno marítimo debido a que usualmente el puerto de destino posee un ecosistema propio el cual puede ser afectado por especies vegetales y/o animales (microorganismos) característicos de ese hábitat.

2.1. Impacto Ecológico

El agua de lastre contiene especies vegetales y animales estas últimas con el tiempo se transforman en depredadores de las especies nativas donde son descargadas, provocando la extinción o desplazamiento de estas, provocando que se desequilibre el ecosistema y alteren la distribución de nutrientes, lo que desmedra la calidad del agua, transmitiendo agentes patógenos y/o parasitarios a otras especies y su erradicación es difícil y costosa (OMI, 2012); Criales-Hernández, (2014) agrega que vulneran la calidad del agua dañando la biodiversidad por la transferencia de

especies de un ecosistema marino a otro afectando la salud de humanos y/o animales. Una investigación realizada sobre las Estrategias de perfeccionamiento para el registro y administración para el agua lastre y los residuos que quedan en los tanques de los navíos y los procedimientos de operación, expresa que una gran cantidad de microorganismos se encuentran en los tanques de lastre y al ser liberados en el nuevo ecosistema se convierten en especie dominante, alterando el ciclo de vida natural y destruyendo el equilibrio ecológico (ABS, 2014; CDB, 2015).

2.1.1 Lastre

El agua lastre permite estabilizar los buques y adrizar los navíos, técnica utilizada desde la cultura fenicia y mejorada con el paso del tiempo, permitiendo conocer que esta técnica presenta mayor beneficio en los buques con casco de acero, demostrando ser eficiente y segura en la navegación. Disminuye el esfuerzo producido en el casco, mejora la estabilidad transversal, el sistema de propulsión y la maniobrabilidad; el agua es un factor fácil de trasladarse por lo que permite que sus movimientos sean fáciles cuando este sea necesario (Browne, 2017). Para otros autores, el uso del agua lastre desde sus inicios ha acarreado problemas ecológicos, ya que al adquirir el agua se extraen especies como bacterias, microbios, pequeños invertebrados, huevos, quistes y larvas de diferentes especies y además existe una aparición foránea de animales marinos, por lo que afecta e incluso puede alterar y poner en riesgo el ecosistema del lugar de destino; como se indica en la figura 1, un resumen del sistema de gestión de lastre relacionado con la disminución del impacto ambiental (Asociados, 2016).

Reporte del comité de protección del medio ambiente marino



Figura 1 – Sistema de gestión de lastre (OMI, 2012).

2.1.2 Planteamientos de la OMI

Acorde a la OMI (2012) se instauró el mecanismo de control para la gestión de usos de las aguas lastre y sedimentos, en el cual se clarifican las obligaciones, responsabilidades y derechos de las empresas, normativa que orienta y dispone la aplicación de las reglas técnicas, las que fueron aprobadas y difundidas en el Convenio Internacional ejecutado por la OMI en el 2012 realizado con el objetivo de acordar mecanismos de control y de gestión de aguas y sedimentos de lastre. Documento que contiene veintidós artículos y todos los estándares para el manejo de los procesos que necesariamente debe tener un barco.

En el artículo 2 del mismo instrumento expresado en el párrafo anterior se solicita que las partes que intervienen deben poner en ejecución total este documento, para logra prevenir, reducir y eliminar el ingreso de organismos acuáticos y agentes patógenos que perjudican y el agua de

lastre y los sedimentos que se encuentran en las naves. Proceso que exige el cumplimiento estricto de las normativas, para así lograr que los métodos de gestión del agua de lastre no provoquen perjuicios al entorno natural marítimo biológico y el de las personas (OMI, 2012).

En referencia al convenio internacional de la OMI (2012) “El Convenio Internacional para el control y la gestión de aguas y sedimentos de lastre, en la norma D-2, establece los derechos y responsabilidades de las Partes Contratantes en su preámbulo y artículos, con la normativa sobre cuestiones técnicas más específicas en sus anexos por ejemplo, en los articulados seis y siete, expresan la necesidad y obligatoriedad de que se viabilice la investigación seria caracterizada por la aplicación del Método Científico en la temática de la conducción del agua de lastre y el seguimiento sistemático, de las causas y efectos que genera el agua de lastre en los lugares de su competencia. El artículo trece orienta a que las personas encargadas del proceso operativo y administrativo naviero emanen o trabajen de forma bidireccional con la OMI y si es posible con diferentes organizaciones internacionales encargadas de guiar, implementar los procesos que garanticen el causar el menor impacto posible, instancias gubernamentales y no gubernamentales prestan colaboración a todas las instancias que requieren apoyo técnico y/o administrativo, por medio de capacitación al personal requirente; permitiendo por este proceso la aplicabilidad de normas técnicas y administrativas que impulsarán adecuadamente la aplicación de procesos investigativos, que aportaran significativamente con hallazgos que permitirán la toma de decisiones adecuadas de manera eficiente, efectiva y eficazmente y así se pondrá en praxis el convenio (OMI, 2012).

En el mismo convenio en el apartado B, que alude a las disposiciones sobre las dimensiones de gestión y control que tienen que poner en práctica todas las naves, apartado que expresa que la norma B-1 establece que todas las naves deben implementar y aplicar los programas referentes a la gestión de las aguas de lastre; proyecto que será característico para cada barco naviero por (OMI, 2012).

Reporte del comité de protección del medio ambiente marino

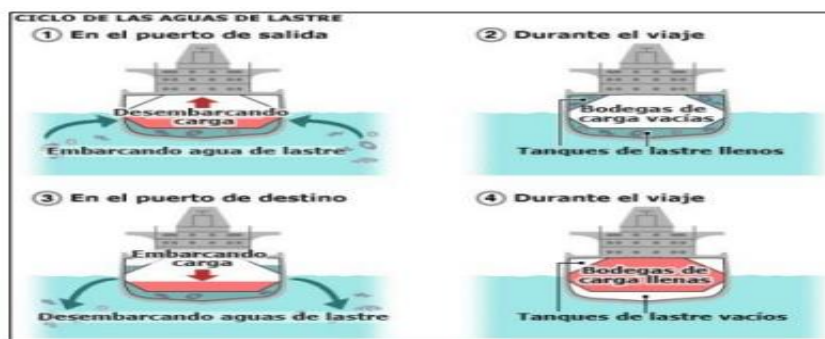


Figura 2 - Ciclo de agua de lastre (OMI, 2012).

La OMI (2012) recomienda que las naves de transporte marítimo deben llevar un registro de (ingreso y salida del agua lastre del buque) y del cómo se tratan y trabajan las aguas de lastre (Regla B-2), el reporte debe considerar los descargues que se pueden realizar en una planta receptora o cualquier otro tipo de descarga. Es necesario considerar que en el acápite B-3 se enlistan todos los requisitos que deben ser aplicados en el proceso de gestión para la utilización de las aguas de lastre. Los resultados de la Tabla 1 (Requisitos por año de construcción y capacidad, volumen) muestran que las embarcaciones elaboradas antes al 2009 cuyo volumen de

almacenamiento de agua lastre esté comprendido en los 1500 y 5000 m³ están obligadas a aplicar las normas estipuladas en la regla B-3. A partir del 2014 el cumplimiento de esta regla cambia y se debe considerar las normas estándares sobre el funcionamiento del agua del lastre” (OMI, 2012). En cambio, se debe considerar que las embarcaciones construidas antes del 2009 y que puedan almacenar cantidades menores a 1500 m³, deben enmarcarse en cumplir los lineamientos estipulados por la gestión de aguas de lastre o por la normativa de rendimiento de este tipo de aguas que se estipula en el 2016.

En esta normativa también se explica que las naves de embarcación comercial que fueron elaboradas a partir del 2009 pero antes al 2012 y cuya capacidad de almacenamiento sea de agua lastre menos de 5.000 m³ tienen que utilizar el manual sobre gestión para aguas de lastre o aplicar como requisito mínimo las normas de rendimiento del agua de lastre, en cambio las embarcaciones construidas a partir del 2012 y que su capacidad sea de o mayor a 5000 m³ tienen que poner en práctica de manera obligatoria el programa de gestión de aguas lastre y cómo requisito los estándares de funcionamiento de aguas de lastre. Sin embargo, es necesario el resaltar que se puede aplicar las políticas de rendimiento e intercambio de agua lastre, siempre que sean aprobadas por los organismos encargados de vigilar que no se afecte el medio ambiente ya que su objetivo es aprobar la aplicación de todas las prácticas que orienten proteger la salud y bienestar de las personas y del medio ambiente que lo rodea (OMI, 2012).

2.2 Requisitos de la OMI

Tabla 1

Requisitos por año de construcción y capacidad (volumen)

AÑO DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE					
CAPACIDAD AGUA LASTRE	Antes del 2009	2009	2009-2011	2010 o posterior	2012 o posterior
<1500m ³	Intercambio de Agua de Lastre hasta 2016 Solo Tratamiento a partir del 2016	Intercambio o tratamiento hasta 2011 Solo Tratamiento a partir del 2011		Solo tratamiento	
1500-5000 m ³	Intercambio o tratamiento hasta 2016 Solo tratamiento después del 2014	Intercambio o tratamiento hasta el 2011 Solo tratamiento a partir del 2011		Solo tratamiento	
>5000 m ³	Intercambio o tratamiento hasta el 2016 Solo tratamiento después del 2016		Intercambio o tratamiento hasta el 2016 Solo Tratamiento hasta el 2016		Solo el Tratamiento

2.3 Convenios relacionados al agua de lastre

El 23 de abril del 2010 se publicó en el Registro Oficial 178 la Resolución No. 005, en la cual establece la conformación y funcionamiento del conjunto de trabajo del Ecuador para la misión del agua de lastre y sedimentos de todas las embarcaciones navieras que arriban y/o zarpan de

puertos nacionales, el mencionado grupo fue para dar cumplimiento a este objetivo mediante una cooperación interinstitucional. La intención también es garantizar que los puertos e instalación portuarios donde se proporcionen diferentes servicios de limpieza y reparación de tanques de lastre faciliten todo lo necesario para la limpieza de sedimentos de buques (Oficial, 2010). El tipo de tratamiento de aguas de lastre requerido será según el tonelaje del buque. Las tecnologías de tratamiento de agua lastre deben de ser aprobadas únicamente por la Organización Marítima Internacional y en Ecuador.

2.4 Convenio Internacional para el Control y la Gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques

El Objetivo principal del convenio es controlar que no se propaguen micro-organismos que se encuentran en el mar trasladados en el agua de lastre, los que pueden causar perjuicios a los diferentes lugares por donde transitan y se detienen los barcos a realizar el proceso de mantenimiento del agua lastre (OMI, 2012). Para lograr que este problema sea controlado es necesario aplicar la norma que se encuentra como anexo en el apartado B específicamente en el punto B-1, el cual orienta a que cada embarcación debe contar con un proyecto que considere la gestión y el control del agua lastre y que además explique los procesos a seguir en la aplicación de las prácticas adicionales. En el acápite B-2 en cambio se explica la importancia y obligatoriedad de llevar el registro de cómo se trata y cuáles son los procesos se realizan con el agua lastre, y remarca que en el informe se debe apuntar desde el inicio de su embarque hasta si por accidente se tiene que realizar descargas por cuestiones específicas o involuntarias (OMI, 2012). Es necesario aclarar que se podría realizar algún otro método para lograr gestionar el agua lastre, cuya aplicación dependerá de la aprobación del Comité de Protección del entorno natural, organismo que evaluará si las técnicas o métodos que se pretenden aplicar garanticen la protección del entorno marítimo

De acuerdo con esta norma se acepta la aplicación de otros procesos de gestión del agua de lastre, y además se aclara que, para la aplicación de otros procesos de la norma, certifiquen como mínimo el nivel de cuidado al medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes y/o los recursos, y que sean aceptados por el Comité de protección del medio marino (MEPC) (OMI, 2012).

2.5 Diferentes funcionamientos de las plantas utilizadas en la actualidad

Lloyd's Register (2018) reporta que no existe el mismo número de plantas de tratamiento que cuente con una aprobación en relación con las empresas que se dedican a construir las mismas, lo que genera que se extiendan los tiempos de espera para poder trabajar y realizar las descargas y cargas de las aguas de lastre.

Existe una clasificación de los diferentes tipos de plantas acorde a su función Lloyd's Register (2018):

Mecánicas: Separación ciclónica y Filtración.

Físicas: Ultrasonidos, Cavitación, Radiación Ultravioleta, Eliminación por Calor, Desoxigenación y Coagulación

Químicas: Electro-Clorinación, Ozono, Clorinación, Dióxido de Cloro y Oxidación avanzada

Las plantas de tratamiento aplican un proceso que posee dos fases que son:

- 1.- Consiste en un proceso mecánico de separación.
- 2.- Tiene que ver con el procedimiento físico o químico.

A pesar de estar bien definidos estos dos procesos existen ciertos procedimientos que utilizan un proceso mixto es decir combinan estos procesos físicos-químicos (Register, 2018).

2.6 Puntos para considerarse para la implementación de una planta de tratamiento de agua de lastre en un buque

La manera de cómo deben ser las instalaciones de un sistema en los barcos nuevos tienen que considerar lo expresado en el manual "Guide for ballast water treatment" elaborado por la American Bureau of Shipping, (2014) y están enlistados en el informe de la ABS (2014). Los pasos obligatorios para elegir el tipo de Planta de Tratamiento son:

- Equipos aprobados y con certificación ver Tabla 2 (Sistemas con Certificación OMI)
- Experiencia del fabricante
- Detalles de implementación en base a los costos
- Tiempo que tomará la implementación y utilización del sistema
- Cálculos a considerar para la selección de la capacidad del sistema
- Sistemas de control y alarmas
- El sistema debe contar con automatización operacional y operación manual en caso de emergencia
- Estudio estructural de la embarcación y posible afectación debido a la instalación del sistema
- Se debe especificar el área donde se va a realizar la instalación

3. Material y métodos

La metodología implementada fue la revisión sistemática de contenidos (Sampieri, 2014) para lo cual se revisaron los últimos 10 años de las plataformas indexadas a Latindex, Goggle Académico y Scielo, para el proceso de selección de los artículos se utilizaron las palabras claves: Agua de Lastre, transporte fluvial, Diversidad Biológica, aplicando el método analítico, se clasificaron los artículos pertinentes para proveer una información sólida y sustentada científicamente sobre la implementación de una planta de lastre para buques de tráfico marítimo internacional sobre los sistemas para el tratamiento de aguas de lastre, utilizando la técnica de recolección de datos permitió determinar las características técnicas y las formas de manejo de las unidades de trabajo (Kerlinger, 2017).

4. Resultados

La revisión sistemática de contenidos permitió determinar que existen dos sistemas de funcionamiento de las diferentes plantas de lastre, las que se pueden ser consideradas para aplicarlas acorde a su realidad marítima por ser amigables con el ambiente, fáciles de operar, por tener costos accesibles para su implementación y operación, y además por garantizar el adecuado tratamiento del agua lastre, estos sistemas son: Sistema PureBallast y el Erma First Bwst.

4.1 Registro del proceso de agua de lastre

Criales-Hernandez (2014) expresa que el proceso de intercambio de lastre o su gestión al momento de navegar es responsabilidad de los armadores y/o propietarios del barco, por lo que el evaluar periódica y sistemáticamente la idoneidad de los procesos y técnicas relacionadas con la capacitación de la tripulación es necesaria. Además, la investigadora resalta que la mayoría de las metodologías para evitar el traslado de organismos y microorganismos acuáticos, están siendo evaluadas por diferentes investigaciones, a pesar de esto existen fotos, registros que señalan como se trasladan especies contaminantes dentro de las embarcaciones navieras.

4.2. Métodos de extracción de agua de lastre

Existen dos formas para realizar el intercambio de agua de los tanques:

1) Método Secuencial:

Se caracteriza por el intercambio del agua de lastre que se encuentran en los tanques del barco por agua de altamar, método que no se recomienda aplicar, ya que se debe valorar las condiciones a considerar, cómo las situaciones de carga, el proceso de estabilidad del buque, la resistencia longitudinal, trimados en cada una de las fases del proceso, las cargas dinámicas producidas por las olas, esfuerzos torsionales, entre otras., La OMI sugiere aplicar algunos procesos con el objetivo que este método funcione (Criales-Hernandez, 2014).

2) Método de Dilución:

Este método consiste en llenar el fondo de los tanques de lastre con agua que viene de alta mar hasta que casi se desborde de la superficie. La OMI recomienda que se debe realizar por lo menos 3 cambios de agua en los tanques y así aumentará su efectividad, se debe indicar que este proceso el de mayor aplicabilidad por parte de las naves marítimas gracias a su fácil y simple aplicabilidad (Criales-Hernandez, 2014).

4.3. Tecnologías para el tratamiento del agua de lastre

Hillard (2018) señala que existen una variedad de métodos, técnicas y/o metodologías para realizar el tratamiento del agua de lastre, una de ellas podría ser el que se realice en el puerto de destino, a pesar del enorme tráfico marítimo que en la actualidad existe y provoca una espera larga para poder realizar los procesos de tratamiento del agua de lastre generando enormes pérdidas económicas. La otra opción que se plantea y es considerada como la más recomendable para aplicarla es el tratamiento individualizado a bordo de cada buque el cual se puede ejecutar inclusive

en el proceso de navegación del barco o al llegar a puerto, ya que existen tres formas de esterilizar el agua, que pueden ser físicos, mecánicos y químicos.

4.3.1. Tecnología de tratamiento mecánico

En cuanto al tratamiento mecánico el que más se aplica es el de filtración, proceso que necesariamente tiene que ser complementado con el proceso de centrifugación del agua en un hidro-ciclón, técnica que permite desechar partículas, organismos y/o sólidos que tengan un volumen mayor al filtro o una consistencia superior al del agua. Es necesario resaltar que a pesar de ser un proceso adecuado no alcanza a filtrar totalmente, invalidando este proceso de filtración si no es complementado con otros (Hillard, 2018).

4.3.2. Tecnología de tratamiento físico

Existen tres métodos de mayor utilización dentro de los procesos físicos para el tratamiento del agua acorde Hillard (2018) y son:

- 1) **Radiación ultravioleta:** Método que debe ser complementado con un tratamiento mecánico preliminar para obtener una mejor calidad del agua tratada.
- 2) **Tratamiento por calor:** Es un método que se caracteriza por utilizar la energía de las calderas con el objetivo de ir aumentando la temperatura del agua y así prescindir de microorganismos y organismos que se encuentren en el agua lastre, la aplicación de ésta metodología es poco efectiva.
- 3) **Tratamiento por ultrasonidos:** Este método no es muy difundido por estar en proceso de investigación.

4.3.3. Tecnología de tratamiento químico

Este método de tratamiento consiste en la utilización de productos desinfectantes y bio-cidas, habitualmente obtenidos mediante oxidantes de materia orgánica, a pesar de ser un método eficaz presenta la dificultad de que podría afectar a otras especies, lo que lo transforma en una composición química tóxica y cancerígena (Mott, 2017; Hillard, 2018; GloBallast, 2014). Existen otros tipos de tratamientos químicos como la utilización de ozono, procesos electrolíticos o aplicando diferentes grados de acidez (pH) del agua. Métodos que al aplicarlos se los considera inviables por tener consecuencias negativas que impactan el medio ambiental y además por ser muy costosa su aplicación (Mott, 2017).

4.4 Ejemplos de cada tratamiento

4.4.1. Sistema PureBallast

Es un proceso físico – químico, que consiste en primer lugar en realizar una filtración mecánica y luego se ejecuta una desinfección del agua de lastre por medio de la utilización de la radiación UV sin utilizar ningún tipo de sustancias químicas. Como apoyo al reactor hay una etapa de filtro, que se utiliza para eliminar los organismos y las partículas mayores a 50 micrones antes de la desinfección biológica. Esto mejora la calidad del agua para el tratamiento garantizando resultados para la segunda fase ya que se emplea radiación monocromática (254nm), proceso que logra

eliminar de manera efectiva los micro – organismos y organismos como las bacterias o el fitoplancton (GloBallast, 2014).

Sistema de Tratamiento de agua de lastre (BTWS) - GloEn-Patrol

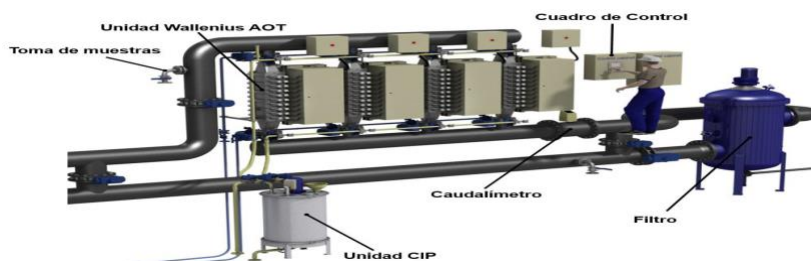


Figura 3 - Sistema PureBallast (PANASIA, 2018)

Este sistema de tratamiento de agua lastre considera aplicar dos fases para lograr que ingrese una mínima cantidad de agua lastre en los tanques lo que permitirá una baja presencia de organismos, logrando al mismo tiempo el reducir la formación o acumulación de sedimentos en los tanques (GloBallast, 2014). Este proceso para tratar el agua lastre tiene la aprobación para su aplicabilidad por la OMI, por lo que ya se está aplicando desde hace algunos años atrás por tener el respaldo de la convención BWM (GloBallast, 2014).

4.4.2. Sistema basado en los foto-procesos

Este proceso consiste en la aplicación de los foto-procesos que se originan de manera natural en el manto superficial del agua del mar; a este proceso también se lo denomina como proceso AOT el cual opera de dos formas secuenciales que son:

- 1) El trabajo de tratamiento en el lugar y tiempo exacto en donde se reactivan los radicales libres para que eliminen la membrana de la célula.
- 2) Posteriormente se utiliza el foto-efecto de manera directa.

La aplicación conjunta de estos dos niveles permite desactivar a los microorganismos de forma sinérgica. En la aplicación de este sistema se aplica un espectro de longitud que emana una onda lumínica ultravioleta e inmediatamente se utiliza un catalizador basado en TiO_2 , el cual no se gasta durante el proceso (GloBallast, 2014). Es necesario manifestar que un radical es una molécula altamente inestable y muy reactiva, dotado de una capacidad para causar su muerte para transformarse en agua, su tiempo de vida es aproximadamente de nanosegundos, motivo por lo cual todas las reacciones se efectúan o tienen origen en el interior de la unidad AOT permitiendo que solo se desarrollen residuos no tóxicos (Hillard, 2018).

Para lograr el proceso de sostenimiento de los sistemas de exclusión de los organismos que se encuentran en un estado de suspensión se debe utilizar lámparas con la característica de 1.500 lm/h y también de catalizadores para 3.000 kat. Este proceso consiste en que el agua de lastre debe circular por medio de las unidades de oxidación catalítica todo el tiempo que demore el lastrado y deslastrado, para lograr este proceso es necesario que el filtro se caracterice por ser de $50\mu\text{m}$ el cual debe auto realizar el proceso de lavado que debe tener una dirección contraria a la de la corriente marítima con el objetivo de desechar las partículas y los organismos que tienen un tamaño

grande, proceso que además logra bajar los niveles de sedimentación que se acumulan en los tanques que contiene agua de lastre (Hillard, 2018).

4.4.3. Sistema de limpieza automática de las unidades de oxidación.

El sistema CIP (Cleaning In Place), se caracteriza por ser un aparato de funcionalidad automática, cuya aplicabilidad está orientada a limpiar los manguitos de cuarzo posterior a la secuencia de lastrado/deslastrado que se realiza de manera sistemática, esta metodología tiene un tiempo de duración de 15 minutos por cada unidad en el cual se aplica un ácido que es biodegradable (Hillard, 2018).

Equipos de control:

- El sistema de control es una fase en donde se apunta la información necesaria la cual nos permite tomar decisiones sobre activar o no la alarma.
- El Equipo transformador es aquel que provee de energía eléctrica a todas las instalaciones de la nave.
- Los puntos de muestreo viabilizan que se logre tener una muestra exacta en los procesos anteriores y posteriores del sistema de tratamiento.

Requerimientos generales del sistema:

- Corriente trifásica 400 V hasta 690 V
- Corriente a 50 o 60 Hz.
- Caída de presión: 0,5 bar.
- Presión de trabajo: Max. 6 bar.

En el transcurso que se realiza el lastrado y/o el deslastrado se utilizan dos bombas de turbina verticales de una fase que tiene 500 m³/h de capacidad, las que son puestas en actividad por motores eléctricos. El diseño de la bomba vertical semisumergida consiste en una bomba vertical con un eje muy largo, de modo que la parte más voluminosa de la bomba (motor eléctrico) se puede situar en la cubierta, mientras que el cabezal se encuentra en el doble fondo, facilitando la instalación en lugares con poco espacio y a la vez evitando pérdidas de carga que causaría elevar el agua hasta la cubierta.

4.4.4. Sistema Gloen-Patrol

La compañía Panasia es quien desarrollo este sistema, es un proceso totalmente automático con respecto al funcionamiento del filtro y la limpieza de este, el cual a su vez es adaptable para todo tipo de embarcación.

El sistema aplica lámparas UV de alta intensidad y lámparas ultravioleta de presión media (MPUV) con el objetivo de eliminar a los microorganismos que se encuentran en la solución de tratamiento.

Sistema de Tratamiento de agua de lastre (BTWS) GloEn-Patrol



Figura 4 - Modelo PANASIA (PANASIA, 2018)

El prefiltros tiene la característica que facilita que el tratamiento principal tenga un alto efecto, este proceso consiste en que el agua ingresa por medio de la tubería al sector del filtro que tiene una forma cilíndrica y posee un sistema de autolavado, el cual presenta variabilidad en el nivel de valor preestablecido produciendo diferentes niveles de presión en un tiempo comprendido entre 10 y 30 segundos, durante este ciclo que va en contra la corriente el agua filtrada no es interrumpida. La aplicación de la tecnología UV tiene el objetivo de inactivar bacterias, virus y otros microorganismos que se encuentran en el agua de lastre y es beneficiosa por qué no requiere aplicar sustancias químicas (Panasia, 2020).

Para tratar el filtrado se debe considerar los siguientes puntos:

- 1- La luz UV ingresa en las paredes celulares de un organismo
- 2- Al penetrar la luz UV, cambia la composición genética de la célula.
- 3- El resultado al cambio de la composición genética, provoca que no se reproduzcan los organismos.

Beneficios de la MPUV sustentado en GloEn-Patrol

- No causa la contaminación en el mar.
- No necesita elementos químicos bio-cidas.
- No genera ni requiere de subelementos tóxicos.
- No genera corrosión en los tanques de lastre.
- Necesita un bajo mantenimiento y su operación es sencilla.
- Utiliza la tecnología de las lámparas de presión media.
- Ocupa el mínimo espacio en la sala de máquinas.
- Mínimos costes operativos y de seguridad de servicio máxima.

En la Tabla 2 (Sistemas con Certificación OMI) se resume la información sobre las distintas empresas con certificación OMI en cuanto a su ubicación, el nombre del sistema y el proceso propuesto por la misma:

Tabla 2

Sistemas con Certificación OMI

EMPRESA	PAÍS	PRODUCTO	PROCESO
Alfa Laval Tumba AB	Suecia	PureBallast	Filtración + UV/TiO2
Aqua Engineering Company, Ltd	Corea	AquaStar	Filtro + Electrólisis
Auramarine, Ltd.	Finlandia	CrystalBallast	Filtro + UV

BIO-UV SAS	Francia	BIO-SEA	Filtro + UV
COSCO Shipbuilding Industry Company	China	Blue Ocean Shield	Filtro + UV
DESMI Ocean Guara A/S	Dinamarca	DESMI Ocean Guard	Filtro + UV + Ozone
Ecochlor Inc.	E.E.U.U	Ecochlor	Filtro + ClO ₂
ERMA FIRST ESK Engineering Solutions SA	Grecia	ERMA FIRST	Filtro + Hydrociclón + Electroclorinación
GEA Westfalia Separator Group, GmbH	Alemania	BallastMaster Ultra V	Filtro + UV – C
Hyde Marine, Inc.	E.E.U.U	Hyde Guardian	Filtro + UV
Hyundai Heavy Industries	Corea	EcoBallast Hiballast	Filtro + UV Filtro + Electrólisis/Electroclorinación
JFE Engineering Corporation	Japón	BallastAce	Filtro + Clorinación + Cavitación
Jiangsu Nanji Machinery Company, Ltd.	China	NiBallast	Filtro + Micromembrana + Desoxigenación
Knusten OAS Shipping AS	Noruega	KBAL	UV
Kuraray Co., Ltd.	Japón	MICROFADE	Filtro + Hipoclorito de Calcio
Mable Industrie filtration GmbH	Alemania	Ocean Protection System	Filtro + UV
MMC Green Technology AS	Noruega	MMC BWST	Filtro + UV
NEI Treatment Systems, LLC	E.E.U.U	Venturi Oxygen System	Desoxigenación + Cavitación
NK Company, Ltd.	Corea	BlueBallast	Ozonación
OceanSaver AS	Noruega	OceanSaver MKH	Filtro + Desinfección electrodiálítica
Optimarin AS	Noruega	Optimarin Ballast System	Filtro + UV
Panasia Co., Ltd.	Corea	GloEn-Patrol	Filtro + Electroclorinación
Qindgdao Headway Technology Co.Ltd.	China	Ocean Guard	Filtro + Electrocatálisis

RWO GmbH	Alemania	CleanBallast	Filtro + Electrólisis / Electroclorinación
SAMKUN CENTURY Comp., Ltd.	Corea	ARA PLASMA	Filtro + UV + Plasma
Samsung Heavy Industries Company, Ltd.	Corea	Purimar 2.0	Filtro + Electrólisis
Severn Trent De Nora, LLC	E.E.U.U	BalPure	Filtro + Electrólisis
STX Heavy Industries Company, Ltd.	Corea	Smart Ballast	Electrólisis
SunRui Marine Environmental Engineering Company	China	BalClor	Filtro + Electrólisis
Techcross, Inc.	Corea	Electro-Clean	Electrólisis / Electroclorinación
Wartsila Water Systems Ltd.	Inglaterra	Aquarius UV	Filtro + UV
Wuxi Brightsky Electronic Company, Ltd.	China	BSKV	Filtro + UV

Reporte del comité de protección del medio ambiente marino en su sexagésimo tercera edición (OMI, 2012).

4.5. Tipo de tratamiento

La OMI (2004) instituyó el Convenio que estaba orientado a controlar y gestionar el tratamiento del agua de lastre en el cual se sugiere instalar sistemas de tratamiento de agua de lastre en embarcaciones de 400 toneladas o más, este convenio cubre normas para el intercambio, tratamiento del agua de lastre en aguas internacionales, el control del Estado Rector del Puerto, la instalación e inspección, etc. Al menos 30 países deben adherirse y ratificar el tratado, y el total de toneladas de buques pertenecientes a los países miembros debe alcanzar al menos el 35% del total mundial de toneladas (PANASIA, 2018).

Por lo cual es necesario contar con un método de tratamiento, al existir métodos muy variados de tratar el agua de lastre, podemos diferenciar tres tipos fundamentales:

- Físicos: Radiación ultravioleta, tratamiento por calor y tratamiento por ultrasonido
- Mecánicos: Tratamiento por filtración
- Químicos: Tratamiento con productos desinfectantes y biocidas, utilización de ozono, electrolisis y/o variación en el grado de acidez del agua generando diferentes (pH).

Otro sistema que puede ser considerado es el GloEn-Patrol de PANASIA (BTWS).

Consiste en un procedimiento mixto que se beneficia de la filtración e irradiación ultravioleta, por lo que es considerado uno de los procedimientos más amigables para el medio ambiente y está diseñado de forma óptima para su instalación y funcionamiento en todo tipo de embarcaciones; al adoptar una tecnología de tratamiento 100% física (PANASIA, 2018).

La unidad de filtro en la primera fase elimina los organismos de un tamaño mayor a 50 μm u otros sedimentos. En la segunda fase, todo lo que no se quedado en los filtros se desinfecta mediante irradiación UV (PANASIA, 2018). La mayor ventaja de este sistema es que al ser un tratamiento totalmente físico no se produce ningún producto toxico, por lo que no representa ningún peligro para el medio ambiente.

Sistema de Tratamiento de agua de lastre (BTWS) - GloEn-Patrol

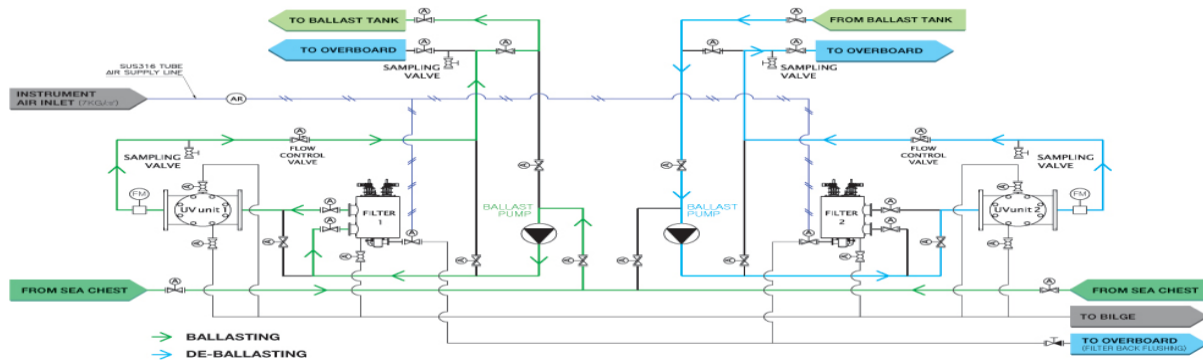


Figura 5 - Modelo PANASIA (PANASIA, 2018)

Características sugeridas por PANASIA (2018)

- Purificación eficaz de organismos marinos perjudiciales
- Concepto de componentes para permitir una ampliación estable de la capacidad
- bajo gasto de energía
- Mínimo pago en su mantenimiento
- Procedimiento operacional sencillo
- Lavado reverso automático en la unidad de filtro
- Cepillado de limpieza automatizado en la fase de rayos ultravioleta
- Sencillo proceso de implementación: tarima/disposición vertical, horizontal, componentes separados
- Independientemente de la condición del agua, por ejemplo, la salinidad, la temperatura
- No necesita dosificación de líquido o polvo químico para la esterilización
- No genera sustancias activas.

Línea de producto Sistema de Tratamiento de agua de lastre (BTWS) GloEn-Patrol

	GloEn-Patrol™ G I	GloEn-Patrol™ G II	GloEn-Patrol™ G III
			
Component	Original Filter Unit Original UV Unit	MEGA Filter Unit Original UV unit	MEGA Filter Unit MEGA UV Unit
Treatment Capacity	50 ~ 750 m³/h	800 ~ 3,000 m³/h	800 ~ 3,000 m³/h
Feature	Small capacity in single unit	Less footprint & Power consumption in large capacity	Large capacity in single unit with high efficiency

Figura 6 - Línea de productos (PANASIA, 2018)

4.5.1 Estudio del tratamiento adecuado para el tratamiento del agua lastre

Las empresas Alfa Laval y Wallenius Water, propusieron e impulsaron un moderno y variado proceso para realizar el tratamiento del agua lastre conocido como PureBallast. Éste sistema se encuentra creado con el objetivo de que prevenga la presencia y desplazamiento de microorganismos y organismos extraños en el agua de lastre lo que le permite garantizar la no presencia de especies extrañas en el agua lastre; ya que su tecnología se basa en la oxidación AOT(2) de Wallenius (Wallenius AOT technology) (Hillard, 2018).

El sistema PureBallast, se destaca principalmente por su tamaño y simplicidad gracias a su estructura cúbica, no ocupa espacio y encaja perfectamente en la sala de máquinas. La pieza central del sistema es una o más unidades AOT que es menor de un m² y 2 m de altura, contiene un catalizador de dióxido de titanio que genera radicales libres cuando se combina con luz, logrando eliminar el número de especies invasoras (Hillard, 2018).

Estas unidades AOT, permiten combinarse para lograr estándares más altos en el proceso de tratamiento de las aguas de lastre, otra de las características a considerar que este sistema se puede instalar en cualquier tipo de nave comercial, existe la unidad CIP, el sistema AOT debe tener una limpieza por 15 minutos utilizando una solución biodegradable para esta tarea la cual debe ser realizada después de cada operación de lastrado o deslastrado (Hillard, 2018).

El restante de los componentes que forman parte del sistema de tratamiento tiene un filtro de 50 µm y un caudalímetro, el que garantiza que el tratamiento sea eficiente, efectivo y eficaz al caudal escogido. La vida útil de todo el sistema se estima en unos 20 años, lo que se acerca a la media de una embarcación convencional (Hillard, 2018).

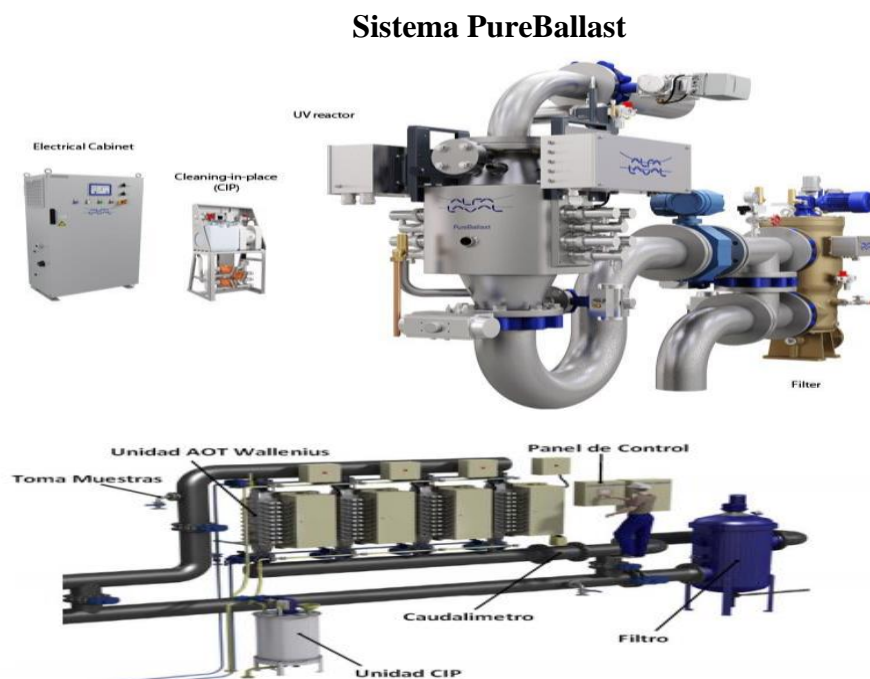


Figura 7 - Sistema PureBallast (GloBallast, 2014)



Figura 8 - Proceso lastrado (GloBallast, 2014)

Durante el lastrado en su etapa preliminar de bajo caudal, se tiene dos funciones principales: evitar daños por golpes de ariete en las luces u otros componentes de la unidad AOT, y proporcionar un flujo inicial que simula a utilización de refrigerante de las luminarias que están en funcionalidad, el agua circula por medio de un filtro que mide aproximadamente 50 micrómetros en donde se extinguen los organismos y partículas de mayor tamaño lo que trae como consecuencia la acumulación de un mínimo porcentaje de sedimentos en los tanques de agua de lastre. Luego, el agua pasa a través de la unidad AOT para eliminar los microorganismos innecesarios. El agua que se requiere para el proceso de retro lavado del filtro se envía nuevamente al mar (Hillard, 2018).

Esquema Sistema Lastrado

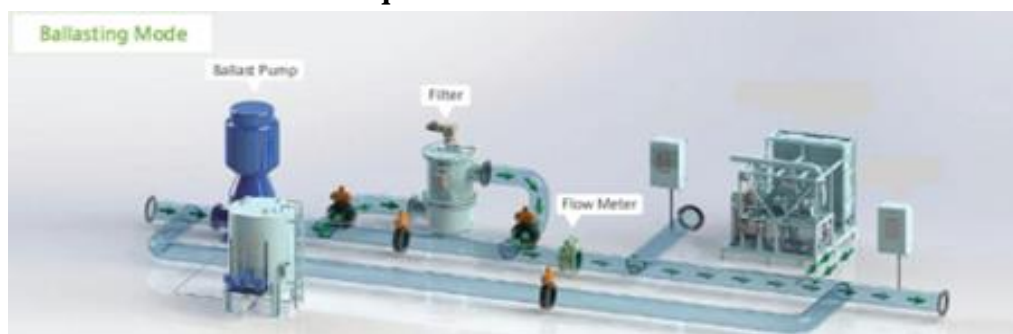


Figura 9 - Esquema Sistema Lastrado (GloBallast, 2014)

El deslastrado también se iniciará en una fase previa. Al iniciar el proceso, el agua fluirá nuevamente a través de la unidad AOT y se repetirá el proceso, en este proceso se recomienda no pasar el agua por el filtro con el objetivo de minimizar el impacto acuático al momento de llegar. La unidad CIP ejecuta el ciclo de limpieza automatizada por medio de las fases AOT con el objetivo de excluir los residuos del agua de mar y potencializar su rendimiento este proceso culmina luego de realizar el lavado con agua dulce. Si el sistema PureBallast está integrado con la automatización de todo el barco, puede ser administrado desde las salas de control de máquinas, puentes y otras ubicaciones designadas, si se requiere funciona a través de la gestión remota de dispositivos satelitales (Mott, 2017).

Esquema Sistema Deslastrado

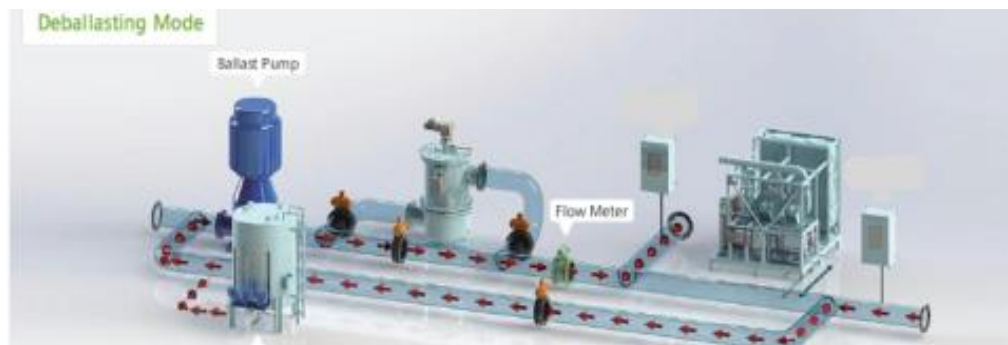


Figura 10 - Proceso de deslastre (GloBallast, 2014)

Efectos del procedimiento: Visiblemente el éxito que tiene el PureBallast, en relación con su facilidad de implementación y manejo, viabiliza la puesta en práctica las exigencias de la Convención Internacional para el Control y la Gestión de Aguas de Lastre y los Sedimentos de los buques, debido a la capacidad que tiene el sistema para el tratamiento de agua de lastre (Hillard, 2018). De acuerdo con Mario Herrera (2018) el sistema Pureballast cumple con todas las exigencias internacionales marítimas existentes, por la garantía probada en sus procesos de aplicación marítima ya que extingue a las especies invasoras. El PureBallast es diferente a los otros métodos de tratamiento por no necesitar otras sustancias adicionales o requerir tratamientos previos. La OMI certificó y avaló la utilización de este proceso lo que ha permitido que muchos países lo apliquen en su labor cotidiana de navegación, los sistemas de tratamiento de agua de lastre tienen que acatar como mínimo el lograr reducir y/o eliminar los organismos que se encuentran en el agua de lastre, así es que para los organismos que miden más de 50 μm se debe reducir a 10 individuos por m^3 , mientras que para organismo de menos de 50 micrómetros se debe reducir a sólo 10 individuos por mililitro, incluso las bacterias deben ser tratadas con eficacia.

La aplicación del sistema Pureballast contiene dos tipos de aprobación que son:

- 1) La primera aprobación se refiere a la certificación de la sustancia activa que alude a que no debe existir ninguna forma de impacto negativo tanto para el ecosistema acuático como para el personal que trabaja en la nave.
- 2) La segunda especifica la eficiencia biológica que debe tener, la cual consiste en realizar una evaluación de la toma de muestra en tierra y otra en la nave.

Cundo se realizó la evaluación de la aplicabilidad de este sistema con sus tipos de certificación se obtuvo resultados ver Tabla 3 (Resultados) muy satisfactorios (Herrera, 2018).

Tabla 3
Resultados

Tipo de organismo.	Unidades.	Cant. Inicial.	Control Día 0	Control Día 5	Trat. Día 0	Trat. Día 5	Requerimiento IMO.
Organismo > 50 μm	Cant./ m^3	468.000	517.000	725.000	0	6.6	10
Organismo > 10-50 μm	Cant./ m^3	500	2300	480	0.2	0.2	10
Bacteria E-Coli	Cant./100ml.	3.4×10^6	3.2×10^6	5300	0.3	10	250

Nota: Efectos medios efectuados con el tratamiento PureBallast en aguas de lastre (Fuente, catálogo de productos Alfa Laval)

4.6 Modelo ERMA FIRST BWTS

La Planta de Lastre ERMA FIRST BWST de tipo aprobado Lloyds Register, por tener un sistema de dos etapas que consiste en una separación mecánica seguida por un tratamiento químico mediante la electrolisis, que es la descomposición del agua (H_2O) en los gases oxígeno(O_2) e hidrógeno (H_2) por medio de una corriente eléctrica continua, suministrada por una fuente de alimentación, una batería o una pila, que se conecta mediante electrodos al agua.



Figura 11 – Sistema de utilizado por la Planta de Lastre ERMA FIRST BWST

El proceso que se realiza para el tratamiento de agua lastre tiene dos enfoques fundamentales para los sistemas de gestión que son: la separación y la desinfección. El sistema de separación emplea procesos de sedimentación y debido a esto con el proceso de filtración, mecánicamente se pueden extraer elementos no deseados del agua de lastre, mientras que las técnicas de desinfección tienen como objetivo eliminar cualquier tipo de vida marina arrastrada por el flujo de entrada, mediante la implicación de alguna dosificación química, el químico usado es un agente neutralizante sodio metabisulfito.

Consta de dos fases de filtración en la primera fase el filtro funciona como un filtro estático y no se realizan procesos de limpieza del elemento filtrante, mientras que en la segunda fase inicia un retro lavado y además todos los elementos filtrantes aseguran la filtración del fluido es decir las impurezas de la superficie del elemento filtrante son eliminadas por el mismo fluido de retro lavado, consta además de una bomba de succión la cual ayuda en el ciclo de la descarga al mar, un electrolizador es una celda electrolítica que produce hipoclorito de sodio a partir del agua de mar y corriente continua, contiene electrodos montados en una celda, tanto los ánodos y cátodos están hechos de titanio, y el cual consta de un número y tipo de celdas específico del barco de acuerdo con la capacidad de la bomba de agua de lastre.

Especificaciones de los componentes:

Tabla 4

*Filtro que utiliza **ERMA FIRST BWST***

Filter Insert/filtration degree:	40 microns
Type:	FILTREX ACB-945- FILTREX ACB-945-200
Capacity:	340 m3/hr
Temperature:	-10° - 55 °C

Design Pressure:	8 bar
Body:	Aluminium Bronze
Electrical elements:	Installation on non Hazardous áreas

Primera etapa

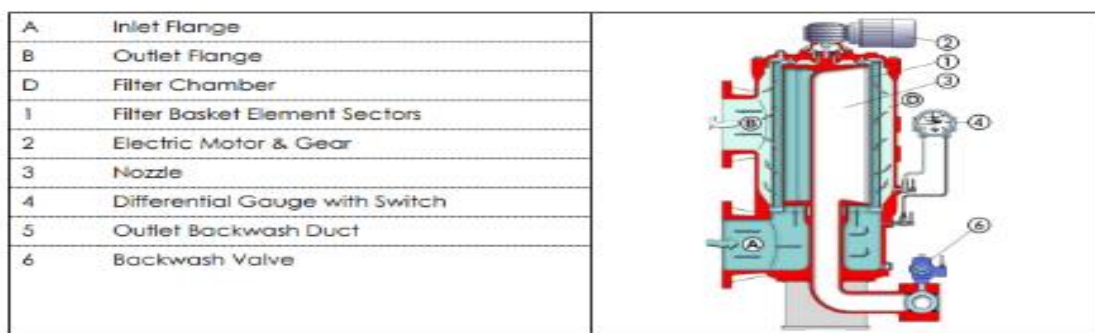


Figura 12 –Filtros ERMA FIRST BWST en la primera etapa

Segunda etapa

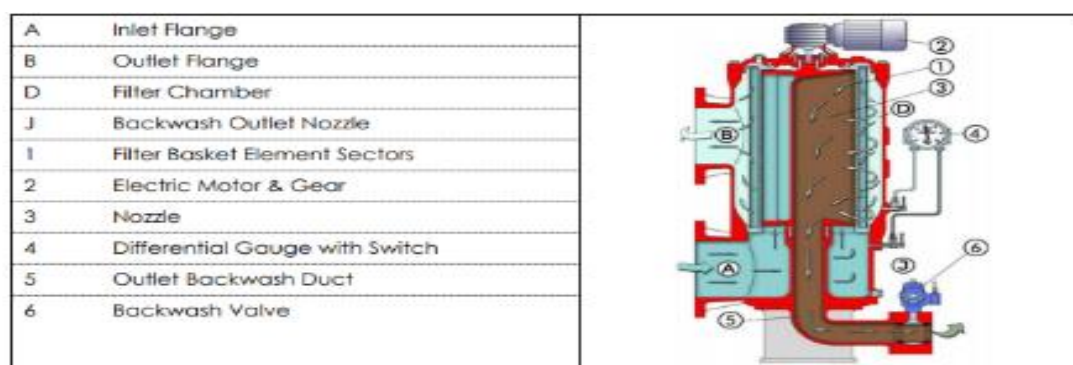


Figura 13 – Filtros ERMA FIRST BWST en la segunda etapa

Bomba de succión

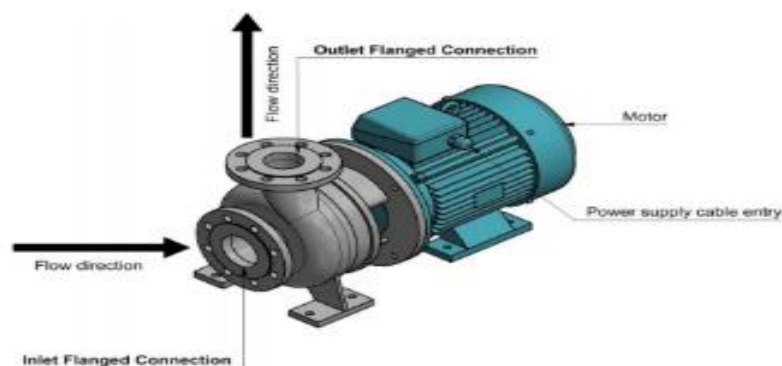
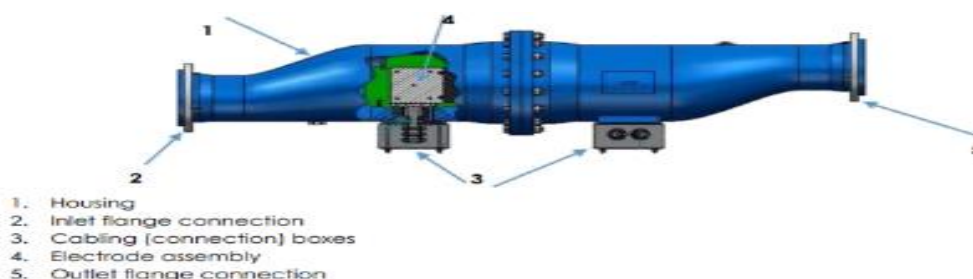


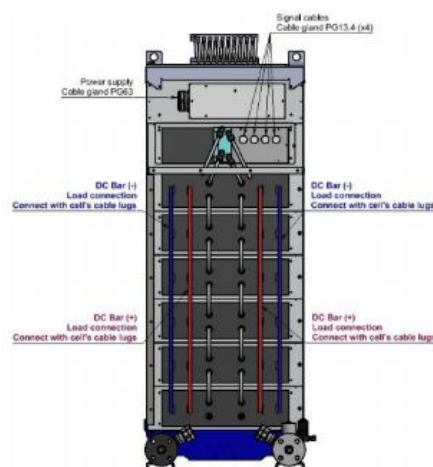
Figura 14 – Bomba de succión ERMA FIRST BWST

Tabla 5*Celda Electrolítica*

Design pressure:	0 - 6 bar
TA temperature:	-2 °C
Maximum operating temperature:	45 °C
Maximum ambient temperature:	60 °C
Electrical connections:	Installation in non hazardous áreas

**Figura 15.** Celda Electrolítica**Tabla 6***Rectificador*

Voltage range:	0-50V
Max Cooling Water temperature:	42 °C
Cooling Water quality:	Low conductivity, not acid water
Cooling Water pressure:	1-5 bar

**Figura 16.** Rectificador**Tabla 7***Sensores TRO*

Standard outputs	4-20 mA and RS-485 with Modbus
User alarms	2 user selectable alarms for sample concentration
operating temperatura	0-55 C (32 to 131 F)
Input pressure	0.3 bar-10.3 bar (5-150 psi)
Ingress protection	IP66 (except fan IP55)
Power	100-240 VAC Auto switchable 47-63hz

Certifications	ICE, UL, CSA, (ETL, ETL c); Tested to IMO MEPC. 174(58) Part 3
Flow rate to waste	200-400 ml/min

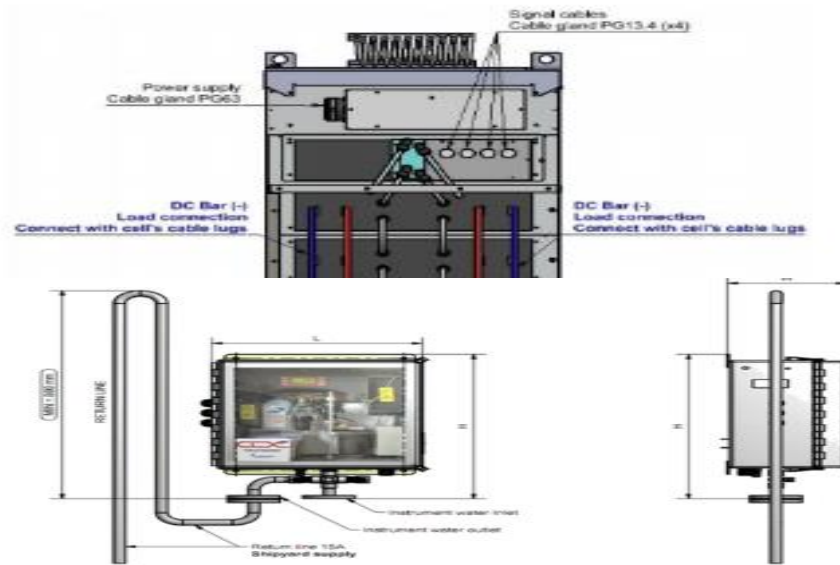


Figura 17. Sensores TRO

Tabla 8
Medidor de Caudal

Flow range	36 to 3600 m ³ /h
Diameter	DN80-DN700
Protection class	IP67
Supply voltaje	100 to 230 V AC, 47 to 64 Hz
Output signal	4-20 mA
Connection	Cable entry M20 x 1.5 Thread for cable entries, ½ NPT, G ½”
Electrical Equipment	Installation in non-hazardous áreas

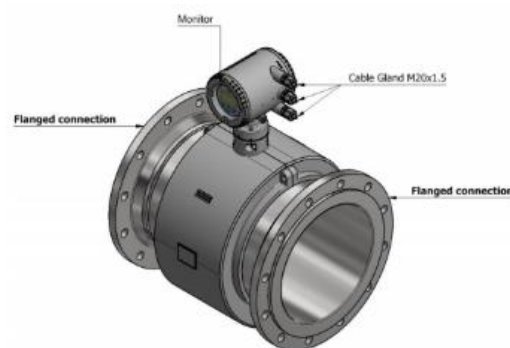


Figura 18. Medidor de Caudal

ERMA FIRST BWTS desarrollado por el fabricante ERMA FIRST S.A, esta empresa tiene como propósito implementar soluciones a la industria marítima, con respecto a la norma D-2 del

Convenio Internacional para el Control y la Gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, donde se analizará cada uno de los elementos ubicados dentro del Departamento de Máquinas, a su vez el mantenimiento requerido para cada uno de estos y el monitoreo de los mismos con la finalidad de comprender y así lograr operar de manera segura y correcta. Se agregaron modelos adicionales para superar todos los requisitos especiales de instalación, ya sea para buques de nueva construcción o especialmente para cualquier proyecto de modernización.

En el marco del Convenio, todos los buques dedicados al transporte marítimo internacional deben llevar a cabo una gestión de su agua de lastre y sedimentos que se ajuste a una norma determinada, de conformidad con un plan de gestión del agua de lastre elaborado para cada buque. Es por eso que, la mayoría de los barcos tendrán que instalar un sistema de tratamiento de agua de lastre a bordo, con el fin de que cumplan ciertas especificaciones como por ejemplo que se realice una eficacia del 95 % como mínimo del cambio volumétrico del agua de lastre, por el contrario, en el caso de no acceder a esta regulación los buques sufrirían una demora o detención innecesaria.

Por lo que se puede decir que el ERMA FIRST BWTS aplica como técnica para el tratamiento de las aguas de lastre un proceso de filtrado más una desinfección por electrólisis completa.

5. Discusión

5.1 Análisis del balance de los tratamientos horas trabajo

Para el proceso de implementación se efectuará con dos bombas de agua de lastre con una capacidad de 500 m³/h como máximo para cada bomba. La elección que clase de instalación permitió analizar varias alternativas, decidiendo que la instalación reducida independiente que emplea una sola planta de tratamiento logra ahorra costos tanto para su implementación como en su mantenimiento.

El fabricante explica que la implementación de la planta se encuentra bajo el cumplimiento de estrictas normas de especificación técnicas y que los implementos son:

- 1 filtro de 50 µm.
- 2 elementos AOT en paralelo
- 1 elemento de limpieza (CIP)

En relación con el procedimiento de tubería, se toma considera que:

- Tuberías de lastre que atraviesan por tanques, las que deben ser reforzadas y acopladas mediante soldadura y/o correas reforzadas.
- Se tiene que utilizar la mínima cantidad de uniones.
- Se tiene que considerar las curvas de expansión si fuere necesario.
- Se utilizará en las líneas de tubería el SCH80 en el interior del tanque.

En relación con las válvulas de manejo automatizado, se deben manejar por accionamientos neumáticos que podrían ser sumergibles si fuere su requerimiento.

Válvulas de control remoto:

Siempre tienen que estar instaladas de manera que se puedan cerrar y continúen de esta forma y si existiera una pérdida de control del actuador o en caso de existir un medio accesible de actuación manual, ésta tiene que estar en la última posición previamente a la pérdida de control. Se ha explicado que el proceso de lastrado y deslastrado tiene que realizarse por medio de bombas de turbina verticales de una fase y que su capacidad tiene que ser de 500 m³/h y que además el motor eléctrico se debe encontrar en la cubierta de la nave y el cabezal debe estar sumergido en el tanque.

5.2 Propuesta y estudio del balance económico del tratamiento adecuado

El valor total por implementación en una nave es de \$ 558.000, valor que considera la mano de obra y los materiales. A esto se le adicionan gastos generales.

Tabla 9

Costos

Realización de obra	
Material	Costo
Filtros	82.000,00
Bomba de Succión	65.000,00
Reactores	50.500,00
Transformadores y Rectificadores	50.000,00
Sensores Oxidantes	42.000,00
Sensor de Temperatura	31.000,00
Sensor de Hidrogeno	30.500,00
Tanques de Gravedad	38.500,00
Medidor de Caudal	30.000,00
Medidor de Salinidad	30.800,00
Indicador de Presión	30.900,00
Interruptor de Temperatura	38.800,00
Interruptor de Presión	38.000,00
TOTAL	558.000.00

GASTOS GENERALES	
Tuberías, codos, reducciones, injertos	18.000,00
Costes hora hombre	42.000,00
TOTAL	60.000.00

Tabla resumen

CONCEPTO	VALOR
Realización de la obra	\$ 558.000,00
Gastos generales	\$ 60.000,00
VALOR TOTAL	\$ 618.000,00

Elaborados por la autora.

El presupuesto final del proyecto es de seiscientos dieciocho mil (\$ 618.000).

6. Conclusiones

El inconveniente creado por las afecciones a la biodiversidad marina por las embarcaciones y su proceso de tratar el agua de lastre ha causado en la actualidad que organismos nacionales e internacionales se preocupen y empiecen a proponer alternativas de solución. La OMI juntamente con otros organismos gubernamentales y no gubernamentales se encuentran continuamente elaborando propuestas de posibles soluciones a esta problemática que afecta a todo un sistema comercial, marítimo y de protección al ecosistema acuático.

Al concluir con el estudio de revisión sistemática de contenidos se podría decir que existen dos sistemas de tratamiento del agua lastre que se caracterizan por ser amigables con el ambiente, fáciles de operar y garantizan el adecuado tratamiento del agua lastre y son: Sistema PureBallast y el ERMA FIRST BWST.

- El proyecto de tratamiento de aguas de lastre sistema PureBallast propuesto para la implementación de planta de agua de lastre para buques marítimos es técnica y económicamente factible bajo las condiciones planteadas.
- Establecer análisis periódicos de los tiempos de actividad y operación de los equipos para definir compras y/o remplazos necesarios, de tal manera que se logre mantener la producción y calidad al menor costo posible con el objetivo de ir presentando propuesta de implementación de tratamiento del agua lastre confiables y amigables con el medio ambiente.

7. Referencias

ABS. (2014). *Guide for ballast water treatment*. Houston: American Bureau of Shipping.

Asociados, H. (2016). *Informe consultoría a CPPS: Estrategia Nacional Gestión Agua de Lastre*. Guayaquil-Ecuador: CPPS.

CDB. (2015). *Convenio sobre Diversidad Biológica*.

Criales-Hernandez, J. (2014). *Estrategia Nacional para Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques y Plan de Acción*. Colombia: ED.DIMAR.

Global Invasive Species Programme. (2017).

GloBallast, A. (2014). *Directrices para la Evaluación de la Condición Jurídica y Social Nacional del Agua de Lastre*. GloBallast.

Herrera, M. (2018). *El problema de las aguas de lastre*. Santiago-Chile: Ed.Limusa.

Hillard, R. (2018). *Best practice for the management of introduced marina pests*. Ed. GISP.

Kerlinger. (2017). Investigación del comportamiento. En Kerlinger, *Investigación del comportamiento*. Ed. Interamericana.

Mott, R. (2017). *Mecánica de Fluidos*.

Oficial, R. (2010). *Registro Oficial 178 la Resolución No. 005*. Asamblea Nacional.

OMI. (2012). *Report of the marine environment protection committee on its sixty-third*.

PANASIA. (2018). *Sistema de Tratamiento de agua de lastre (BTWS) - GloEn-Patrol*.

Panasia. (2020). *Ballast Water Treatment System - Gloen-Patrol*. NY-USA: Panasia. Recuperado el 2021 de Marzo de 01, de <https://worldpanasia.com/eng/solutions/bwts.php>

Register, L. (2018). *Informe Técnico sobre Plantas de Lastre*. Londres-Reino Unido: LLoyds.

Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación. En R. Sampieri, *Metodoloía de la investigación*. MC Graw.