

**ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE**

**ALMIRANTE MIGUEL GRAU**

PROGRAMA ACADÉMICO DE MARINA MERCANTE

ESPECIALIDAD MÁQUINAS



**“SISTEMA DE GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE “OCEAN  
GUARD” Y SU INFLUENCIA EN LA PREVENCIÓN DE LA  
CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA MARINO EN UN BUQUE  
GRANELERO DE UNA EMPRESA NAVIERA, AÑO 2020”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE OFICIAL DE MARINA  
MERCANTE

PRESENTADA POR:

DAVILA MORA, MICHAEL ALEXANDER

VILLANTOY LAPA, GIANMARCO

CALLAO, PERÚ

2021

**“SISTEMA DE GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE “OCEAN  
GUARD” Y SU INFLUENCIA EN LA PREVENCIÓN DE LA  
CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA MARINO EN UN BUQUE  
GRANELERO DE UNA EMPRESA NAVIERA, AÑO 2020”**

**TÍTULO**

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, quienes son los pilares fundamentales, como personas profesionales, por los valores brindados en nosotros y sus experiencias dadas incondicionalmente.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecemos a la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau”, por habernos brindado sus espacios para lograr esta meta.

Al cuerpo docente de esta casa magna, quienes nos ofrecieron todos sus conocimientos, apoyaron y enseñaron para convertirnos en profesionales eficientes y de calidad.

A nuestros asesores, por guiarnos y apoyarnos en todos los aspectos hasta el desenlace exitoso de esta investigación.

# ÍNDICE

|   | <b>Páginas</b> |
|---|----------------|
| <b>PORTADA</b> .....                                | <b>i</b>       |
| <b>TÍTULO</b> .....                                 | <b>ii</b>      |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                            | <b>iii</b>     |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....                        | <b>iv</b>      |
| <b>ÍNDICE</b> .....                                 | <b>v</b>       |
| <b>LISTA DE TABLAS</b> .....                        | <b>viii</b>    |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                       | <b>xii</b>     |
| <b>RESUMEN</b> .....                                | <b>xv</b>      |
| <b>ABSTRACT</b> .....                               | <b>xvii</b>    |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                           | <b>xix</b>     |
| <b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> ..... | <b>21</b>      |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática .....  | 21             |
| 1.2. Formulación del problema .....                 | 26             |
| 1.2.1. Problema general .....                       | 26             |
| 1.2.2. Problema específico .....                    | 26             |
| 1.3. Objetivos de la investigación .....            | 27             |
| 1.3.1. Objetivo general .....                       | 27             |
| 1.3.2. Objetivos específicos .....                  | 27             |
| 1.4. Justificación de la investigación .....        | 28             |

|  |            |
|--|------------|
| 1.4.1 Justificación teórica.....                                 | 28         |
| 1.4.2 Justificación práctica.....                                | 28         |
| 1.4.3 Justificación metodológica.....                            | 29         |
| 1.4.4 Justificación técnica.....                                 | 30         |
| 1.5. Limitaciones de la investigación.....                       | 30         |
| 1.6. Viabilidad de la investigación.....                         | 31         |
| <b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>                           | <b>32</b>  |
| 2.1. Antecedentes de la investigación.....                       | 32         |
| 2.1.1. Nacionales.....   | 32         |
| 2.1.2. Internacionales.....                                      | 35         |
| 2.2. Bases teóricas.....   | 39         |
| 2.2.1. Agua de Lastre en Buques.....                             | 39         |
| 2.2.2. Sistema de Gestión de Agua de Lastre.....                 | 46         |
| 2.2.3. Sistema de Gestión del Agua de Lastre “Ocean Guard”.....  | 56         |
| 2.2.3. Prevención de la contaminación marina.....                | 93         |
| 2.3. Definiciones Conceptuales.....                              | 120        |
| <b>CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....</b>                  | <b>123</b> |
| 3.1. Formulación de la hipótesis.....                            | 123        |
| 3.1.1. Hipótesis general.....                                    | 123        |
| 3.1.2. Hipótesis específicas.....                                | 123        |
| 3.2. Variables y dimensiones.....                                | 124        |
| <b>CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>                     | <b>126</b> |
| 4.1. Diseño de la investigación.....                             | 126        |
| 4.2. Población y muestra.....                                    | 128        |
| 4.3. Operacionalización de variables.....                        | 129        |
| 4.4. Técnicas para la recolección de datos.....                  | 130        |
| 4.4.1. Técnicas.....   | 130        |
| 4.4.2. Instrumento.....  | 130        |
| 4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos..... | 134        |
| <b>CAPÍTULO V: RESULTADOS.....</b>                               | <b>136</b> |
| 5.1. Análisis estadísticos descriptivos.....                     | 136        |

|  |            |
|--|------------|
| 5.1.1. Resultados descriptivos de la variable Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” y sus dimensiones. ....  | 137        |
| 5.1.2. Resultados descriptivos de la variable Prevención de la contaminación del ecosistema marino y sus dimensiones. .... | 141        |
| 5.2. Análisis estadístico inferencial .....  | 145        |
| 5.2.1. Prueba de hipótesis general .....   | 146        |
| 5.2.2. Prueba de hipótesis específica 1 .....  | 148        |
| 5.2.3. Prueba de hipótesis específica 2 .....  | 150        |
| 5.2.4. Prueba de hipótesis específica 3 .....  | 152        |
| <b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>155</b> |
| 6.1. Discusión .....   | 155        |
| 6.2. Conclusiones .....  | 162        |
| 6.3. Recomendaciones .....   | 164        |
| <b>FUENTES DE INFORMACIÓN .....</b>  | <b>166</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>175</b> |
| Anexo 1. Matriz de consistencia.....   | 176        |
| Anexo 2. Instrumento de recolección de datos.....  | 178        |
| Anexo 3. Fichas de validación del instrumento .....  | 182        |
| Anexo 4. Prueba Piloto Confiabilidad .....   | 187        |
| Anexo 5. Base de Datos .....   | 189        |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Capacidad de agua de lastre representativa en diferentes buques. ....  | 42 |
| Tabla 2. Formas de cambio de agua de lastre. ....   | 45 |
| Tabla 3. Resumen de dimensiones, peso y consumo energético del sistema de agua de lastre “Ocean Guard”.....                             | 79 |
| Tabla 4. Especificaciones técnicas de la unidad de control del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.....                 | 80 |
| Tabla 5. Especificaciones técnicas de la unidad de distribución de energía del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”..... | 82 |
| Tabla 6. Especificaciones técnicas de la unidad de control remoto del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.....          | 83 |
| Tabla 7. Especificaciones técnicas de la unidad de monitoreo del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.....               | 84 |
| Tabla 8. Especificaciones técnicas de la bomba de retrolavado del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.....              | 85 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 9. Especificaciones técnicas del filtro del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” .                  | 87  |
| Tabla 10. Especificaciones técnicas de la unidad de potencia EUT del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” | 88  |
| Tabla 11. Especificaciones técnicas de EUT del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” .                     | 90  |
| Tabla 12. Especificaciones técnicas del medidor de flujo del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”         | 91  |
| Tabla 13. Especificaciones técnicas del medidor de flujo del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”         | 92  |
| Tabla 14. Diez principales especies invasoras a causa del agua de lastre.  | 101 |
| Tabla 15. Matriz de operacionalización de las variables.   | 129 |
| Tabla 16. Escala de medida tipo Likert de los cuestionarios.   | 131 |
| Tabla 17. Estructura del cuestionario para medir la variable X.  | 131 |
| Tabla 18. Estructura del cuestionario para medir la variable Y.  | 131 |
| Tabla 19. Validez por juicio de expertos de los instrumentos de recolección de datos.                                    | 132 |
| Tabla 20. Criterios de la magnitud del coeficiente de confiabilidad de un instrumento.                                   | 133 |
| Tabla 21. Magnitud de confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.   | 134 |
| Tabla 22. Descripción de resultados por niveles de la variable sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.      | 137 |
| Tabla 23. Descripción de resultados por niveles de la dimensión componentes.   | 138 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 24. Descripción de resultados por niveles de la dimensión funcionamiento y operación.....                          | 139 |
| Tabla 25. Descripción de resultados por niveles de la dimensión requerimientos técnicos y mantenimiento.....             | 140 |
| Tabla 26. Descripción de resultados por niveles de la variable prevención de la contaminación del ecosistema marino..... | 141 |
| Tabla 27. Descripción de resultados por niveles de la dimensión riesgos asociados a las descargas de agua de lastre..... | 142 |
| Tabla 28. Descripción de resultados por niveles de la dimensión rol de inspección.<br>.....                              | 143 |
| Tabla 29. Descripción de resultados por niveles de la dimensión regulaciones .   | 144 |
| Tabla 30. Información de ajuste de los modelos para la hipótesis general. ....   | 146 |
| Tabla 31. Resumen de los Pseudo R-cuadrado para la hipótesis general.....  | 146 |
| Tabla 32. Estimaciones de parámetros del modelo para la hipótesis general. ...   | 147 |
| Tabla 33. Información de ajuste de los modelos para la primera hipótesis específica.<br>.....                            | 148 |
| Tabla 34. Resumen de los Pseudo R-cuadrado para la primera hipótesis específica.<br>.....                                | 149 |
| Tabla 35. Estimaciones de parámetros del modelo para la primera hipótesis específica.....                                | 149 |
| Tabla 36. Información de ajuste de los modelos para la segunda hipótesis específica.....                                 | 150 |
| Tabla 37. Resumen de los Pseudo R-cuadrado para la segunda hipótesis específica.....                                     | 151 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 38. Estimaciones de parámetros del modelo para la segunda hipótesis específica.....     | 151 |
| Tabla 39. Información de ajuste de los modelos para la tercera hipótesis específica.<br>..... | 152 |
| Tabla 40. Resumen de los Pseudo R-cuadrado para la tercera hipótesis específica.<br>.....     | 153 |
| Tabla 41. Estimaciones de parámetros del modelo para la tercera hipótesis específica.....     | 153 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Corte transversal de tanques de agua de lastre en diferentes buques. .41  | 41 |
| Figura 2. Ciclo general de las aguas de lastre en un buque. ....44  | 44 |
| Figura 3. Principales componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” .....57                         | 57 |
| Figura 4. Configuración Tipo 1 (individual) de los equipos del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” .....58 | 58 |
| Figura 5. Configuración Tipo 2 (doble) de los equipos del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” .....59      | 59 |
| Figura 6. Unidad de control del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” .<br>.....60                           | 60 |
| Figura 7. Unidad de distribución de energía del sistema de gestión de agua de lastre<br>“Ocean Guard” . .....61           | 61 |
| Figura 8. Unidad de control remoto del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean<br>Guard” .....62                      | 62 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 9. Unidad de monitoreo del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.....                                      | 63  |
| Figura 10. Bomba de retrolavado del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” .....                                   | 63  |
| Figura 11. Filtro del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.....  | 65  |
| Figura 12. Unidad de potencia EUT del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.....                                  | 66  |
| Figura 13. Unidad de Ultra Tratamiento de Electrocatálisis (EUT) del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”. ..... | 67  |
| Figura 14. Medidor de flujo del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”. .....                                      | 68  |
| Figura 15. Unidad de neutralización del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”. .....                              | 69  |
| Figura 16. Principio de control de la unidad de neutralización.....  | 78  |
| Figura 17. Zonas a nivel mundial donde se han introducido algunas especies invasoras. ....                                     | 100 |
| Figura 18. Formato de Reporte de Agua de Lastre. ....  | 107 |
| Figura 19. Certificaciones del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” .....  | 110 |
| Figura 20. Diseño de investigación correlacional-causal. ....  | 127 |
| Figura 21. Descripción de resultados por niveles de la variable sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.....       | 137 |
| Figura 22. Descripción de resultados por niveles de la dimensión componentes. ....   | 138 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 23. Descripción de resultados por niveles de la dimensión funcionamiento y operación.....                          | 139 |
| Figura 24. Descripción de resultados por niveles de la dimensión requerimientos técnicos y mantenimiento.....             | 140 |
| Figura 25. Descripción de resultados por niveles de la variable prevención de la contaminación del ecosistema marino..... | 141 |
| Figura 26. Descripción de resultados por niveles de la dimensión riesgos asociados a las descargas de agua de lastre..... | 142 |
| Figura 27. Descripción de resultados por niveles de la dimensión rol de inspección.<br>.....                              | 143 |
| Figura 28. Descripción de resultados por niveles de la dimensión regulaciones.  | 144 |

## RESUMEN

La investigación planteada tuvo como objetivo general establecer de qué manera el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020. La metodología para su desarrollo se fundamentó en un diseño no experimental, al no manipular las variables, de corte transversal, al recolectar los datos en un solo momento y de alcance correlacional-causal, al explicar el efecto de la variable independiente sobre la dependiente. La población objeto se conformó por 20 oficiales de un buque granelero, que en su totalidad conformaron la muestra (tipo censal). La técnica se configuró en la encuesta y el instrumento se estableció en dos cuestionarios, que estuvieron sujetos al juicio de expertos, determinando su validez y a una prueba piloto evidenciando una Alta confiabilidad según el coeficiente de Alfa de Cronbach=0.882 y 0.848 respectivamente.

El contraste de hipótesis se estableció bajo un modelo de regresión logística ordinal haciendo uso del software SPSS v.25, obteniendo en los resultados un valor de Chi-cuadrado ( $p\text{-valor}= 0.019 < 0.05$ ) infiriendo la aceptación de un modelo explicativo de regresión ordinal bajo las variables planteadas, se determinó

mediante el coeficiente R cuadrado de Nagelkerke ( $R^2= 0,420$ ) que el 42% de la varianza de la prevención de la contaminación del ecosistema marino es explicada por el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”, y los parámetros de estimación refieren un  $p\text{-valor}= 0.030 < 0.05$ , que permitió rechazar la hipótesis nula y verificar las hipótesis planteadas, concluyendo que la utilización adecuada de la tecnología que caracteriza el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones navieras, contribuye al aumento positivo y significativo en los niveles de prevención de la contaminación del ecosistema marino.

**Palabras claves:** Tecnología “Ocean Guard”, agua de lastre, prevención de la contaminación, ecosistema marino, embarcación naviera.

## **ABSTRACT**

The general objective of the proposed research was to establish how the "Ocean Guard" ballast water management system influences the prevention of pollution of the marine ecosystem in a bulk carrier of a shipping company, year 2020. The methodology for its development It was based on a non-experimental design, by not manipulating the variables, cross-sectional when collecting the data in a single moment and of correlational-causal scope, explaining the effect of the independent variable on the dependent one. The target population was made up of 20 officers from a bulk carrier, who in their entirety made up the sample (census type). The technique was configured in the survey and the instrument was established in two questionnaires, which were subject to expert judgment, determining their validity and a pilot test showing high reliability according to the Cronbach's Alpha coefficient = 0.882 and 0.848 respectively.

The hypothesis contrast was established under an ordinal logistic regression model using the SPSS v.25 software, obtaining in the results a Chi-square value (p-value = 0.019 <0.05) inferring the acceptance of an explanatory regression model. ordinal under the proposed variables, it was determined by the Nagelkerke R

squared coefficient ( $R^2 = 0.420$ ) that 42% of the variance of the prevention of pollution of the marine ecosystem is explained by the ballast water management system "Ocean Guard", And the estimation parameters refer to a p-value = 0.030 <0.05, which allowed rejecting the null hypothesis and verifying the hypotheses, concluding that the appropriate use of the technology that characterizes the ballast water management system "Ocean Guard" In shipping vessels, contributes to the positive and significant increase in the levels of prevention of pollution of the marine ecosystem.

**Keywords:** "Ocean Guard" technology, ballast water, pollution prevention, marine ecosystem, shipping vessel.

## INTRODUCCIÓN

El agua de lastre, es definida por la Organización Marítima Internacional (OMI, 2004) como “el agua, con las materias en suspensión que contenga, cargada a bordo de un buque para controlar el asiento, la escora, el calado, la estabilidad y los esfuerzos del buque” (p.2).

Estas aguas de lastre tal como señala Orozco et al. (2020), en su investigación, transportan especies exóticas invasoras que pueden causar graves efectos en el ecosistema marino, la salud humana y la economía, por ello se han diseñado diversas tecnologías (mecánicas, físicas, químicas o combinadas) destinadas a contrarrestar estos agentes contaminantes y preservar los ecosistemas marinos, entre estos se destaca en la investigación el sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”, el cual constituye un mecanismo que tiene como objetivo eliminar los organismos del agua de lastre del barco, con el objetivo de proteger el medio ambiente marítimo y evitar la contaminación de los seres vivos marinos (Headway Technologies, 2015).

En este sentido el propósito general de la investigación fue establecer de qué manera el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye en la

prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020. Para este fin la investigación desarrollada se estructuró en seis Capítulos, descritos a continuación:

Capítulo I: Planteamiento del problema (descripción del problema, interrogantes, objetivos, justificación, limitaciones y viabilidad).

Capítulo II: Marco teórico (antecedentes de investigación, bases teóricas y términos básicos).

Capítulo III: Hipótesis y variables (hipótesis general y específicas, definición conceptual y operacional de las variables).

Capítulo IV: Diseño metodológico (diseño y enfoque de investigación, población y muestra, operacionalización de variables, técnicas, instrumentos y procesos de recolección de datos).

Capítulo V: Resultados (análisis estadístico descriptivo e inferencial).

Capítulo VI: Discusión, conclusiones y recomendaciones.

Luego se presentan las fuentes de información y los anexos que sustentan el estudio.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Es un hecho bien conocido que casi el 70% de la tierra está llena de agua en forma de diferentes tipos de cuerpos, como océanos, lagos y ríos, etc. Todos estos cuerpos de agua, especialmente océanos y mares, forman una parte indispensable de nuestra existencia, ya que tiene un papel clave que desempeñar en nuestra vida cotidiana. Este factor de indispensabilidad no solo nos ha ayudado enormemente, sino que también ha dado lugar a la explotación de los recursos oceánicos sin pensarlo, dando paso a la descuidada intervención humana, que ha afectado gravemente al ecosistema oceánico, amenazando la existencia de varias otras especies en la tierra, incluidos los seres humanos. (Mambra, 2020)

La sustancialidad de los océanos para la humanidad se remonta a los albores de la civilización universal. Desde entonces, se ha presentado como el principal canal de integración de los pueblos y sus culturas, aportando recursos alimenticios, minerales y energéticos.

La industria naviera, es totalmente responsable del transporte marítimo y de carga, configurándose como una de las fuentes potentes de contaminación en el mar. Siendo el agua la mayor proporción que cubre nuestro planeta, la industria marina está en auge cada día que pasa. Con un crecimiento industrial tan rápido, el sistema ecológico marino está destinado a verse perturbado por problemas no deseados, como los de los desechos marinos y los efectos de la contaminación marina. Se ha proclamado que los desechos marinos y la basura asociada, son los principales responsables de la contaminación de los océanos del mundo. (Bikram, 2019)

De esta manera se destaca que el desarrollo económico global está indisolublemente ligado al transporte marítimo, que es responsable del transporte internacional de mercancías, anualmente, en más del 90% a nivel mundial. Por razones operativas, esenciales para el funcionamiento del barco, la ejecución del transporte implica el uso intensivo de agua de lastre, lo que refiere un daño potencial a la biodiversidad marina.

Según el estudio de Arias (2014), el agua de lastre es un problema importante porque introduce especies marinas al ecosistema, lo que ha sido identificado como un factor que puede afectar la biodiversidad marina. Se han confirmado los daños causados por la descarga de agua de lastre; sin embargo, los barcos transportan alrededor del 80% de los productos básicos del mundo, y cada año hay 10 mil millones de toneladas de lastre en el mundo. Esto conduce a la transferencia de una gran cantidad de nuevos objetos, incluidos virus, bacterias y objetos flotantes, plantas, huevos y muchas larvas. Sin embargo, el lastre debe usarse para la seguridad del barco, porque el lastre tiene estabilidad y equilibrio en

términos de integridad estructural, lo cual es beneficioso para el proceso de manipulación de la carga.

La reubicación involuntaria de organismos potencialmente invasores a través del agua de lastre no tratada, con un gran volumen (a veces superior a 50.000 toneladas métricas por barco) de agua costera y oceánica que se utiliza para mantener la estabilidad e integridad de los barcos en diferentes situaciones operativas, es una preocupación mundial. Tales transferencias e introducciones son una de las principales causas de invasiones biológicas en los entornos costeros de todo el mundo. La transferencia de organismos mediada por lastre se reconoce como un problema desafiante, complejo y actualmente sin resolver (Bailey, 2015).

El Programa Global de Manejo de Aguas de Lastre, de la Organización Marítima Internacional (OMI), estima que cada año se transfieren aproximadamente de 3 a 5 mil millones de toneladas de agua de lastre y que un volumen similar también podría ser transferido domésticamente dentro de los países o regiones geográficas (COMEX, 2018).

En forma permanente, hay unas diez mil especies que son transportadas entre regiones geográficas en los tanques de lastre, generando como resultado cambios ecológicos complejos, entre los que se destacan, por ejemplo: el mejillón zebra europeo que ha infestado el 40% de las aguas interiores de Estados Unidos, gastándose entre U\$S 750 y 1.000 millones en medidas de control, en diez años. En el sur de Australia, el kelpo asiático invade rápidamente nuevas áreas, desplazando las comunidades nativas del fondo marino. En el Mar Negro, hay zonas donde la medusa norteamericana (*filter-feed*) ha alcanzado una densidad de un kilo de biomasa por metro cúbico, disminuyendo las reservas de plancton a un

nivel que hizo colapsar algunas pesquerías comerciales. En varios países, la microscópica alga exótica de la “marea roja” (*toxic dinoflagelates*) ha sido absorbida por moluscos filtrantes, que al ser consumidos por las personas puede causar parálisis y muerte (COMEX, 2018).

Estas especies suponen una amenaza para las especies autóctonas, causando modificaciones en los ecosistemas. También puede suponer graves amenazas para la salud pública. A nivel nacional citamos lo ocasionado en Perú en 1991, donde accidentalmente se descargó virus de cólera que produjo la mortandad de más de 5000 personas (Mar sostenible, 2018).

Es en este sentido que la Organización Marítima Internacional (OMI, 2020), reconoce que la introducción de especies invasoras acuáticas en nuevos ambientes a través de barcos representa una gran amenaza para los océanos y la preservación de la biodiversidad. Muchas especies acuáticas presentes en el agua de lastre o en los cascos de los barcos pueden sobrevivir al viaje y luego reproducirse en el ambiente anfitrión. Volviéndose invasoras, dado que crecen más rápido que las especies nativas y se multiplican en proporciones dañinas.

Debido al desarrollo del comercio y al aumento del volumen de tráfico, el tema de las especies invasoras transportadas por barcos se ha vuelto cada vez más preocupante en las últimas décadas. Sin embargo, dado que el volumen del comercio marítimo sigue aumentando, es posible que este problema aún no haya cobrado toda su amplitud. Las consecuencias en muchas partes del mundo son catastróficas. Los datos cuantitativos indican que la tasa de invasiones biológicas continúa aumentando de manera alarmante, con nuevas áreas invadidas regularmente (OMI, 2020).

En la actualidad, la solución más aceptada ha sido la adopción y utilización adecuada de planes y sistemas de gestión de agua de lastre a bordo (BWMS) aprobados. Con este fin, la Organización Marítima Internacional (OMI) anunció el Convenio de Gestión del Agua de Lastre (Convenio BWM), redactado en 2004 y entrado en vigor el 8 de septiembre de 2017, obligando a los buques que participan en actividades internacionales para tener un BWMS aprobado a bordo (OMI, 2016). Aunque es un avance significativo hacia la mitigación de este problema ambiental, la mayoría de los BWMS aprobados generalmente se basan en modos de acción físicos o químicos. Y su eficiencia, facilidad de uso y posibles impactos ambientales aún se debaten, lo que plantea la pregunta de si son posibles alternativas más amigables con el medio ambiente, más simples y de menor mantenimiento (Balaji, Yaakob y Koh, 2014).

Aunado a esto, desechar las aguas residuales producidas a bordo de un barco es una de las pocas tareas en un barco que debe tenerse sumo cuidado para prevenir cualquier multa (Wankhede, 2019a). Las aguas residuales a bordo de los barcos deben tratarse antes de descargarse al mar. La planta de tratamiento de aguas residuales se utiliza para tratar las aguas contaminadas y hacerlas menos dañinas para el mar. En este sentido, los ingenieros marinos deben conocer el funcionamiento de la planta de aguas residuales antes de utilizar la misma para cumplir con las normas y reglamentos de eliminación de aguas residuales (Wankhede, 2020). Se destaca que la planta de tratamiento de aguas residuales es uno de esos equipos en el barco que requiere que se siga un procedimiento paso a paso para arrancarlo y detenerlo (Kaushik, 2019). Además el funcionamiento eficiente de una planta de tratamiento de aguas residuales en un barco requiere un mantenimiento periódico y controles diarios del sistema. No hacerlo puede provocar

una salida que no se pueda descargar al mar, el bloqueo de las tuberías e incluso la falla de algunas partes (Kantharia, 2020).

De todo este planteamiento esta revisión explora la tecnología de tratamiento de agua de lastre “Ocean Guard”, en un Buque Granelero de una Empresa Naviera, llamando la atención sobre algunas ansiedades remanentes asociadas con su uso, dado que en la práctica profesional ejercida a bordo, se lograron constatar algunas fallas referentes a este sistema, tales como obstáculos técnicos e impedimentos regulatorios relacionados con el desarrollo de su tecnología, que en gran medida ha sido ignorada en su instalación y pueden perjudicar el ecosistema marino en la descarga de contaminantes.

A efectos de esta situación y en conformidad con todos los aspectos resaltados sobre el sistema de tratamiento de agua de lastre y su repercusión en el ecosistema marino, se genera la siguiente interrogante de estudio.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020?

### **1.2.2. Problema específico**

1. ¿De qué manera los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020?

2. ¿De qué manera el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020?
3. ¿De qué manera los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Establecer de qué manera el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Determinar de qué manera los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.
2. Determinar de qué manera el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

3. Determinar de qué manera los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1 Justificación teórica**

El desarrollo de la investigación del sistema de agua de lastre y la prevención de la contaminación al ecosistema marino, se alinea a los avances de la industria marítima sobre el tratamiento de aguas de lastre, ya que se ha optado por trabajar con un sistema enfocado en tecnologías de aspectos físicos y químicos, ya que el tratamiento del sistema “Ocean Guard” contiene en su proceso de filtrado y electrocatálisis para filtrar y matar los organismos en el agua, dando paso a una revisión teórica sistemática y exhaustiva sobre el tratamiento del agua de lastre y los efectos contaminantes del vertido de agentes vivos a la fauna marina. En este sentido los resultados obtenidos del estudio se configuran como un aporte teórico y de comparación para futuros investigadores, los instrumentos servirán de guía en el desarrollo de otras disertaciones interesadas en el mismo tema.

### **1.4.2 Justificación práctica**

A nivel práctico el estudio se justifica dada la gran expresión en el escenario económico de las relaciones marítimas, por cuanto el daño ambiental marino se consolida día a día como uno de los principales temas necesitados de regulación y protección por parte de la sociedad internacional.

Este contexto gana especial atención el estudio, en vista de los tratados internacionales con respecto a la efectividad del Convenio Internacional para el Control y Manejo del Agua de Lastre y Sedimentos de Buques (BWM 2004), que puede conducir a un entendimiento jurisprudencial progresivo, en términos de responsabilidad e inspección, con respecto al desarrollo del tema en consideración.

Además del daño ambiental, este modo de contaminación puede causar daños a la salud humana, cuando el agua de lastre sin un tratamiento sanitario adecuado transporta patógenos. Otro factor importante está relacionado con las pérdidas económicas derivadas de la bio invasión de especímenes nocivos que dificultan la pesca y el comercio en la región.

En esta perspectiva, se inserta la relevancia del tema tratado en el presente estudio, a manera de proponer medidas efectivas para prevenir efectos contaminantes en el vertido de agentes nocivos al ecosistema marino y mejorar el funcionamiento de la gestión de aguas de lastre en un Buque Granelero.

#### **1.4.3 Justificación metodológica**

Metodológicamente el estudio gana relevancia al establecer la relación de la gestión del agua de lastre y la prevención de la contaminación del medio marítimo, bajo un análisis de la legislación internacional sobre la regulación de intercambio de agua, evaluación de los procedimientos funcionales del sistema, efectos y daños contaminantes al ecosistema al verter otras especies en el agua. Hecho que se establece en el seguimiento de diversos pasos que constituye un marco científico, partiendo de una evaluación teórica, que derivó la construcción de instrumentos y su aplicación a los tripulantes de una embarcación granelera, ofreciendo así resultados factibles, dando respuesta a los objetivos planteados y la promoción de

conclusiones y sugerencias. Lo cual refiere un aporte que marca la pauta para futuros investigadores.

#### **1.4.4 Justificación técnica**

Del proceso investigativo surgirá una propuesta de mejora destinada a los ingenieros de máquina sobre los aspectos más relevantes destacados en la investigación, sobre la gestión y tratamiento de las aguas de lastre mediante el sistema “Ocean Guard”, en la prevención de la contaminación del ecosistema marino, a tal efecto el estudio propuesto gana importancia técnica.

#### **1.5. Limitaciones de la investigación**

El estudio se limita espacialmente en el abordaje de los tripulantes de una embarcación naviera granelera, durante el proceso de la práctica profesional, lo cual constituyó un periodo de tiempo relativamente comprometido en las labores desempeñadas y la dedicación que confiere el desarrollo de una investigación.

En virtud de la situación de contingencia sanitaria que se vive actualmente a nivel mundial a causa del coronavirus COVID-19, la búsqueda de información relevante al tema tratado se limitó a fuentes digitales y no en la búsqueda directa de fuentes en la biblioteca de la Universidad, lo cual se estableció como una limitante para el buen desarrollo del estudio.

En esta misma línea, otro aspecto limitante se configura en los procesos administrativos que requiere el estudio de investigación al cumplimiento de la casa de estudio, los cuales no se pudieron efectuar directamente antes las oficinas por medidas de seguridad. Así mismo toda esta situación afectó el acercamiento a los asesores y profesores de la Escuela, lo cual se indica como otra limitante al

momento de efectuar la investigación. Más sin embargo gracias a los medios digitales estas barreras fueron superadas, llevando a cabo con factibilidad la evolución del estudio.

### **1.6. Viabilidad de la investigación**

La viabilidad de la investigación se establece en cuanto a los recursos que su desarrollo exige, tales como humanos, materiales y económicos; en este sentido en cuanto a los recursos humanos el estudio se lleva a cabo con la participación directa de su autor en plenas condiciones cognitivas, así mismo se cuenta con el apoyo de asesores y profesores de la Universidad, lo que hace viable la investigación; sobre los recursos materiales la investigación no requiere de insumos de difícil acceso o de altos costos, lo cual no interfiere con la viabilidad del estudio; en cuanto a los recursos económicos, los gastos en el proceso de la investigación serán costeados en su totalidad por el autor, disponiendo de los fondos necesarios para su desarrollo, lo cual es un aspecto que refleja la viabilidad del estudio.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Nacionales

Orozco et al. (2020), en su investigación titulada: *Efectos del agua de lastre sobre la calidad acuática de las zonas Portuarias de Callao, Pisco, Paita y Salaverry, Perú*. Tuvo como objetivo realizar una evaluación del agua de lastre en los buques que arribaron al puerto del Callao en los años 2010 y 2012. también evaluó la calidad acuática de los puertos de Paita Salaverry, Callao y Pisco entre 2011 y 2013. Estudio retrospectivo de análisis documental. Los resultados muestran que en el agua de lastre los recuentos de coliformes fueron bajos de  $< 2$  a  $8$  NMP/100ml, pero se registró a las bacterias *Vibrio parahaemolyticus* y *V. vulnificus* y especies fitoplanctónicas como *Heterosigma akashivo* y *Skeletonema costatum* sp fueron las más representativas. Las aguas marinas de los puertos tenían valores normales de temperatura  $< 20$  ° C y salinidades  $> 35.1$  ups, pero la calidad acuática fue afectada por actividades antropogénicas con valores elevados de coliformes termotolerantes en el Callao de  $1,6 \times 10^6$  NMP/100ml. Las especies de fitoplancton dominantes

producen floraciones algales *Dictyocha fibula* y *Prorocentrum micans* en Paita, *Prorocentrum minimum*, *A. sanguineum* en Salaverry en 2012, *Heterosigma akashiwo* y *Akashiwo sanguinea*, en el Callao en 2013. En el puerto de Pisco, las especies más abundantes fueron *Cochlodinium polikrykoides* en 2011 y *Alexandrium peruvianum* en mayo de 2012. Concluyen que el agua de lastre transporta especies exóticas invasoras que pueden causar graves efectos en el ecosistema marino, la salud humana y la economía, por lo cual debe fortalecerse el monitoreo de puertos de mayor tráfico marítimo.

Medina y Muñoz (2017), en su tesis de investigación titulada: *Análisis de la implementación del Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWMC) en naves Mercantes de Bandera Peruana*, 2017. Se planteo como objetivo principal analizar de qué manera se está implementando el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos en los Buques (BWMC) en naves mercantes de bandera peruana. Estudio de tipo descriptivo explicativo, con diseño no experimental, de corte transversal y de enfoque cuantitativo. Los resultados alcanzaron un puntaje de 33,2941 correspondiente a un nivel intermedio de la escala planteada, corroborando así la hipótesis general, que sostiene que el BWMC en naves mercantes de bandera peruana se está implementando en un nivel intermedio.

Basurto (2017), en su tesis de grado titulada: *Conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales que laboran en una naviera peruana en el año 2017*. Se planteo como propósito general determinar el nivel de conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales que laboran en una empresa naviera peruana. Bajo una metodología de

diseño no experimental, de corte transversal, de tipo básico y de enfoque cuantitativo, descriptivo. En los resultados determinó que el nivel de conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales que laboran en una empresa naviera peruana en el año 2017 se ubica en el nivel medio. Concluyendo que el conocimiento de las formas de contaminación, prevención, y conocimientos de la reglamentación existentes de la gestión de aguas de lastre, se encuentra en un nivel medio, en los oficiales que laboran en una empresa naviera 2017.

Martínez y Cuba (2017), en su estudio que lleva por título: *Proyecto de factibilidad de un sensor de nivel para el sistema de lastre del buque tanque gasero Santa Clara B*. Tuvo como fin principal la medición y control de los niveles del sistema de lastre mediante sensores analógicos de presión hidrostática tipo membrana en el buque tanque gasero Santa Clara B. Estudio de tipo aplicada, de diseño experimental y de nivel preexperimental. En los resultados se demostró que la factibilidad del proyecto se establece en la reducción de trabajo al personal, el tiempo ganado podría ser usado para otras labores, eliminar el riesgo de vida, conocer en todo momento la medida de nivel en los tanques de lastre, fomentar conciencia en el cuidado de la vida humana. Considerando en sus conclusiones que el diseño de sistema lastre como prototipo fue óptimo, debido a que funcionó según los requerimientos técnicos llegando a responder las expectativas deseadas en el manejo del sistema en relación tiempo y respuesta.

Ingaroca y Chávarry (2017), en su estudio titulado: *Conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales egresados de la Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau" desde el año 1999 al 2013*. Plantearon como propósito determinar el nivel de conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales egresados de la ENAMM desde el año

1999 al 2013. Mediante una metodología de enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo, no experimental, transeccional. Los resultados generales muestran un alcance de un puntaje de 2.0, esto correspondería según la escala planteada a la categoría medio, corroborando así la hipótesis alterna, dando paso a la conclusión de que el nivel de conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales egresados de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau” se ubica en el nivel medio.

### **2.1.2. Internacionales**

Rodríguez (2019), en su investigación titulada: *Gestión y control sanitario de las aguas de lastre en buques*. Se planteó como objetivo general estudiar la problemática sanitaria relacionada con las aguas de lastre en buques, el impacto ambiental, su gestión y el control de las mismas. La metodología utilizada se fundamentó en el método heurístico, consultando distintas fuentes sobre las aguas de lastre. En los resultados se determinó que la puesta en vigor del convenio BWM el día 8 de septiembre de 2017, establece la urgente necesidad del estudio e integración de las tecnologías de tratamiento de este tipo de aguas en el sector marítimo, tanto a bordo de los buques como en estaciones receptoras portuarias. Por tanto concluye que es preciso profundizar en los análisis de validación de estas tecnologías, incluyendo el estudio de parámetros físicos y químicos, además de los microbiológicos y toxicológicos, que favorezcan unos resultados completos en la calidad del control sanitario del vertido de estas aguas.

Conde (2019), plantea una investigación titulada: *“Gestión del Agua de Lastre”*. Donde su finalidad principal fue analizar el impacto que supone para el medioambiente marino una deficiente gestión del agua de lastre y sedimentos

procedentes de los buques. Estudio abordado bajo una metodológica cualitativa de análisis documental. Destacando que el Convenio exige a los buques que realicen convenientemente el cambio de lastre o bien que cuenten con un sistema aprobado de gestión. Sin embargo, la eficacia del cambio de lastre varía en función de las características. Entre sus conclusiones refiere que a pesar de ser una solución aprobada, el cambio de lastre por sí solo, no es suficiente para evitar los daños ambientales, por lo que se debe recurrir a otros métodos de tratamiento (físicos, químicos y mecánicos) con un mayor rendimiento, tanto al evitar la entrada de los organismos, como su descarga en nuevos ecosistemas.

García (2018), en su investigación titulada: *Estudio sobre la implementación del Convenio BWM para gestión del agua de lastre*. Se planteo como objetivo general dar a conocer el tema que, a pesar de llevar afectando los ecosistemas marinos durante décadas, se ha tratado de forma global muy recientemente, empezando a imponerse ahora medidas para prevenirlo. Estudio de análisis descriptivo. En sus hallazgos encontraron una sensibilización con la contaminación producida por las especies invasoras en el agua de lastre, así como las consecuencias que ello conlleva. Prueba de ello es el Convenio BWM actualmente en vigor y esos 76 países que lo han ratificado a día de hoy. Esto, tratando de buscar una solución eficaz a nivel global. Entre sus conclusiones sostienen que cada día, y con medios más desarrollados, se siguen estudiando diversos métodos para combatir que estas especies invadan otros ecosistemas. Tanto desde los propios buques, como en las terminales se trata de mejorar la eficacia. Aun así, no se ha encontrado un método que sea efectivo en su totalidad, sino que es la combinación de más de uno con la que consigue una mayor eficiencia.

Baro-Narbona y Stotz (2018), en su disertación titulada: *Propuesta para el control del agua de lastre en buques que arriban a puertos de la Ecorregión Marina de Chile Central*. Tuvieron como objetivo proponer una herramienta basada en la frecuencia y volumen del agua de lastre desde un mismo puerto de origen, la similitud ambiental entre el puerto de origen y el receptor del lastre y la presencia de especies de riesgo en el puerto de origen. Estudio de metodología aplicada. En sus resultados destacan que se desarrolló el cálculo de un Coeficiente de Riesgo Global (CRG), que deberá ser estimado para cada buque que arribe al Puerto antes de que inicie el deslastre. Si  $CRG > 16\%$ , el riesgo es probable, entonces correspondería verificar el recambio de agua de lastre en aguas oceánicas como lo exigen las regulaciones internacionales. Se recomienda medir in situ la Materia Orgánica Cromofórica Disuelta (CDOM por sus siglas en inglés), ya que permite discriminar entre agua costera y oceánica. Concluyen que si del análisis resulta que el agua es costera, significa el incumplimiento del intercambio del agua de lastre en alta mar, entonces se debería evitar la descarga de lastre en el puerto.

García (2015), en sus tesis de grado titulada: *Diseño e instalación de una unidad de tratamiento de agua de lastre en un buque*. Tuvo como objetivo dotar a un buque gasero de una planta de tratamiento de aguas de lastre de modo que el buque cumpla con el Convenio Internacional de Agua de Lastre (BWM-2004). Investigación de tipo aplicativo, experimental, de alcance exploratorio y descriptivo. En los hallazgos describen que en cuanto a la localización del sistema de tratamiento de lastre, hay que tener en cuenta el Reglamento de Clasificación de barcos de acero, donde especifica que las líneas de lastre y sentinas deben ser completamente independientes de cualquier otra línea que contenga carga líquida, aceite o combustible. El dimensionamiento de la tubería viene determinado por las

conexiones de la planta de tratamiento y por la parte utilizable la instalación existente, y la posición de las descargas, la toma de mar y las bombas está limitada por las dimensiones y diseño del buque, los cálculos estarán encaminados en determinar la potencia que deberán entregar las bombas para permitir el correcto funcionamiento de la instalación. El sistema instalado debe alcanzar los requisitos de rendimiento marcados por la regla D-2 de su Anexo (norma de eficacia de la gestión del agua de lastre), cumplir con la Regla D-3 (Prescripciones relativas a la aprobación de los sistemas de gestión del agua de Lastre). En conclusión para el diseño de la nueva instalación hay que tener en cuenta que se deben cumplir las normas de los convenios SOLAS y MARPOL, así como las específicas de la Sociedad de Clasificación.

Parada, Payán y Casanova (2014), en su investigación titulada: *Caracterización microbiológica y fisicoquímica del agua de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al puerto de Tumaco durante 2013*. Se plantean como objetivo evaluar los niveles microbianos para los indicadores coliformes totales, coliformes fecales (*Escherichia coli*), *Enterococcus spp* y el agente patógeno *Vibrio spp*. Así mismo para algunas variables fisicoquímicas (pH, temperatura, conductividad, salinidad, nutrientes y oxígeno disuelto). Estudio experimental con base en el monitoreo realizado al agua contenida en los tanques de lastre de once (11) buque-tanques de tráfico marítimo internacional, que arribaron al Terminal Multiboyas de Ecopetrol de Tumaco durante 2013. Los resultados microbiológicos revelaron la presencia de indicadores bacterianos en todos los tanques de lastre: en el 73.9 % de los tanques el recuento microbiano para el grupo coliformes sobrepasó las 250 UFC/100ml y el género *Enterococcus spp* excedió las 100 UFC/100ml en el 8.7 %. Asimismo se registró la presencia del

género *Vibrio* spp en el 52.2 % de los tanques examinados. Concluyendo que el agua de lastre evaluada, la cual es descargada en la bahía, genera un riesgo potencial tanto para el ecosistema marino como para la salud humana, constituyendo un vector para la introducción de especies invasoras y organismos patógenos. Los niveles de las variables fisicoquímicas se encontraron dentro de los intervalos reportados para la bahía de Tumaco y, por ende, no alteran las características del agua de la bahía.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Agua de Lastre en Buques**

De acuerdo a la Organización Marítima Internacional (OMI, 2004) el agua de lastre, es definida como “el agua, con las materias en suspensión que contenga, cargada a bordo de un buque para controlar el asiento, la escora, el calado, la estabilidad y los esfuerzos del buque” (p.2).

Al respecto Mármol (2016), señala que el agua de lastre puede entenderse como el peso en la parte inferior del casco utilizado para evitar esta estabilidad o prevenirla y condiciones fluctuantes o mejorar las condiciones de navegabilidad. Es decir, el lastre es la condición básica para que un barco no cargado mantenga condiciones de navegación estables.

El uso de lastre para garantizar la estabilidad de los buques durante las largas travesías marítimas se inició en la antigüedad, en las primeras experiencias del hombre en el mar. En ese momento, las embarcaciones de madera utilizaban todo tipo de elementos sólidos para lastre; piedras, sacos de arena y herrajes eran algunos de los objetos más comunes. Del plano se percibe que el manejo de estos

objetos dentro de las bodegas de los barcos fue sumamente laborioso, y requirió una gran cantidad de mano de obra, ya que cada proceso de lastrado y desplazamiento requirió la reubicación de todo el material utilizado (Mármol, 2016).

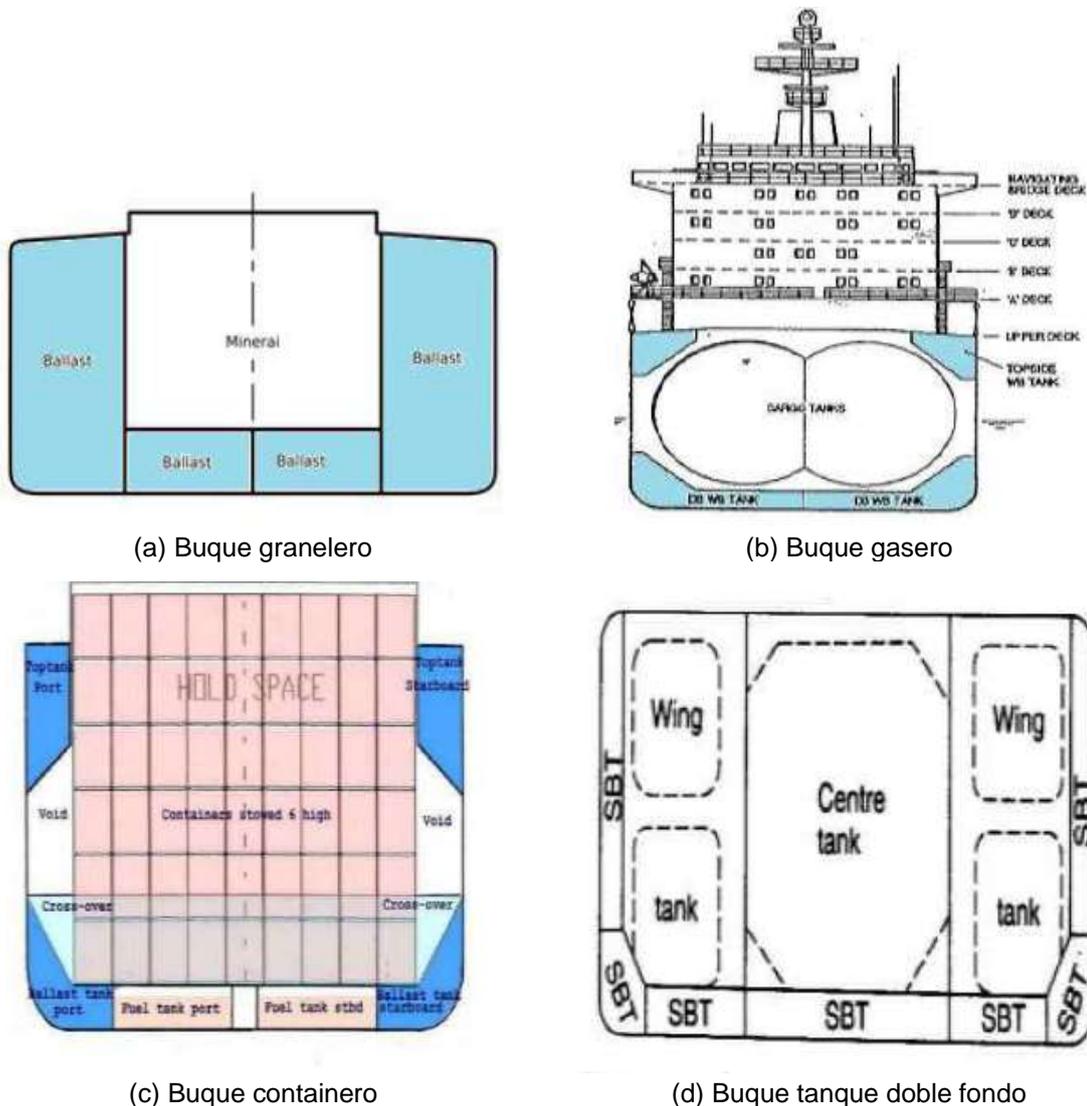
Los barcos requieren lastre por seguridad. Anteriormente durante siglos, los barcos usaron lastre "seco" (especialmente rocas y en algunos casos arena o grava), y solo fue a mediados de los años de 1850 que los barcos ingleses comenzaron a utilizar agua de lastre, que también transportaba especies y comunidades planctónicas de un puerto a otro, convirtiéndose en el mecanismo de traslado (vector). A fines de los años de 1870, se instalaron los barcos con cascos de acero y los tanques de agua de lastre comenzaron a usarse con regularidad. Durante un tiempo de veinte a treinta años los barcos a partir de la década de 1880, utilizaron tanto lastre sólido como líquido (Carlton, 1996).

En esta línea Torre, López y González (2009), sostienen que a principios del siglo XVIII, la Revolución Industrial trajo consigo el avance de las tecnologías utilizadas hasta entonces, que culminó con la aparición de los primeros barcos de vapor, construidos bajo estructuras de acero. Por su composición, tales embarcaciones, una vez hechas de madera, permitían el uso de una nueva forma de lastre, más económica y fácil de manejar: se utilizaría el agua bajo la cual flotaba la nave, que se convertiría en la llamada agua de lastre.

En este sentido Tamelander, Riddering, Haag & Matheickal (2010), señalan que los sistemas de agua de lastre son ahora una parte integral del diseño de un barco y contribuyen a la estabilidad y el equilibrio, así como a la integridad estructural del casco. El agua de lastre se bombea a tanques especialmente

diseñados distribuidos por todo el casco a medida que se descargan los barcos y se bombea de nuevo al llegar a un puerto donde se cargará la carga.

De tal manera, la distribución del lastre dentro de un buque dependerá de los criterios de diseño, tamaño y fuerza del mismo, tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Corte transversal de tanques de agua de lastre en diferentes buques.

Fuente: Australian Quarantine & Inspection Service (1993)

Algunos tipos de buques exigen grandes volúmenes de agua de lastre, especialmente para las travesías en que el buque va vacío, incluidos los transportes

de carga seca a granel, transportes de mineral, buques tanque, transportes de gas licuado, o los buques que transportan hidrocarburos o minerales a granel. Otros buques exigen cantidades de lastre más pequeñas en casi todas las condiciones de carga, para controlar la estabilidad, el asiento y la escora. Entre ellos figuran los portacontenedores, graneleros (*bulkcarriers*), buques de pasaje, buques RO-RO, buques pesqueros, buques factoría y los buques militares (Rodrigo, s.f). Mismo que se detalla en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Capacidad de agua de lastre representativa en diferentes buques.*

| TIPO DE BUQUE     | TPM     | CONDICIÓN DE AGUAS DE LASTRE |             |                       |             |
|-------------------|---------|------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|
|                   |         | NORMAL<br>(toneladas)        | % de<br>TPM | PESADO<br>(toneladas) | % de<br>TPM |
| Graneleros        | 250,000 | 75,000                       | 30          | 113,000               | 45          |
| Graneleros        | 150,000 | 45,000                       | 30          | 67,000                | 45          |
| Graneleros        | 70,000  | 25,000                       | 36          | 40,000                | 57          |
| Graneleros        | 35,000  | 10,000                       | 30          | 17,000                | 49          |
| Petroleros        | 100,000 | 40,000                       | 40          | 45,000                | 45          |
| Petroleros        | 40,000  | 12,000                       | 30          | 15,000                | 38          |
| Portacontenedores | 40,000  | 12,000                       | 30          | 15,000                | 38          |
| Portacontenedores | 15,000  | 5,000                        | 30          | n/a                   |             |
| Cargueros         | 17,000  | 6,000                        | 35          | n/a                   |             |
| Cargueros         | 8,000   | 3,000                        | 38          | n/a                   |             |
| Pasajeros/RO-RO   | 3,000   | 1,000                        | 33          | n/a                   |             |

TPM: Tonelaje de peso muerto.

Fuente: Australian Quarantine & Inspection Service (1993).

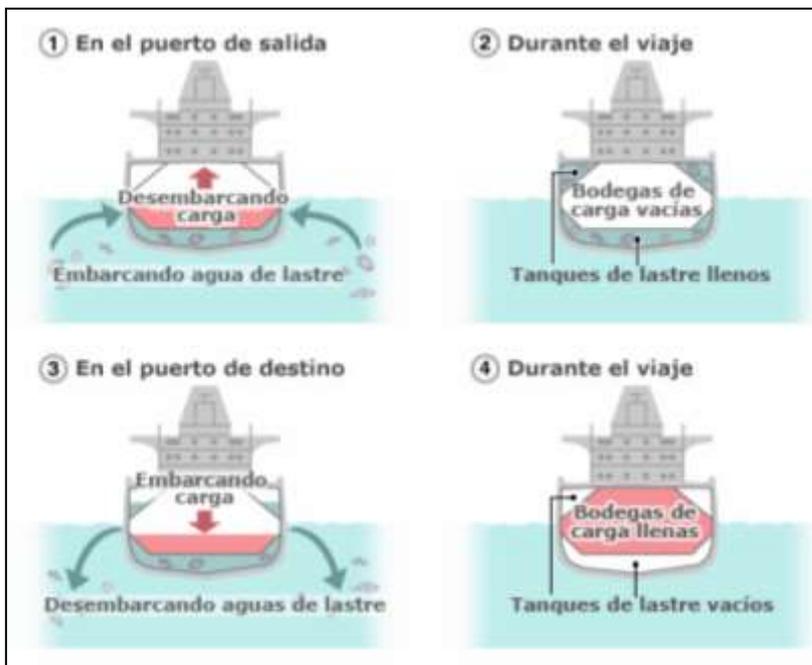
Las embarcaciones marítimas transportan alrededor de 3-5 mil millones de toneladas de agua de lastre anualmente a nivel internacional, debido a que transportan el 90% de las materias primas del mundo. Diversas investigaciones científicas han encontrado que en las aguas de lastre tomadas en espacios

costeros, puede haber un promedio de 3.000 a 4.000 especies diferentes transportadas por la embarcación. Hay que tener en cuenta que muchas de estas especies pueden vivir varios días o meses en el confinamiento de un tanque de lastre, lo cual se ha convertido en un vector para el traslado de especies exóticas de un lugar a otro en diferentes zonas en el mundo (Rodrigo, s.f).

El agua transportada como lastre contiene inevitablemente una gran cantidad de organismos de diferentes especies y en diferentes etapas de la vida (por ejemplo, huevos y larvas; quistes, esporas o estadios de reposo; y adultos). Por lo tanto, constituye un vector potencial significativo para la propagación de especies exóticas invasoras (EEI). Dado que el agua de lastre generalmente se capta en los puertos o cerca de ellos, donde la productividad suele ser alta debido a las condiciones hidrológicas y existe un riesgo elevado de presencia de EEI, el riesgo de propagación se agrava aún más. Además, como el agua de lastre se lleva a bordo principalmente en las zonas costeras poco profundas, a menudo es turbia, lo que conduce a la acumulación de sedimentos en los espacios muertos de los tanques de agua de lastre. Esto aumenta aún más el riesgo de transportar IAS en forma de quistes (por ejemplo, dinoflagelados) (Tamelander *et al.*, 2010).

En este sentido la introducción de especies acuáticas no nativas, pueden tener lugar en cualquiera de las siguientes fases del viaje (Sadhvani, Del Río y Méndez, 2017), que se esquematizan en la Figura 2:

1. Durante las operaciones de lastrado (en el puerto de salida)
2. Durante la navegación o travesía entre puertos (en altamar)
3. Durante las operaciones de deslastrado (en el puerto de carga)



**Figura 2.** Ciclo general de las aguas de lastre en un buque.

Fuente: GloBallast, OMI (s.f).

Según la Figura 2, en el primer y tercer caso, es necesario gestionar importantes volúmenes de agua en un breve periodo de tiempo; por lo que el caudal de carga y descarga del agua es muy abundante. Los buques tienen capacidad para descargar agua de lastre a una velocidad de flujo o caudal muy elevada, lo que implica inconvenientes para el proceso de tratamiento respecto a la capacidad del sistema, el espacio necesario y el consumo de energía (Tsolaki y Diamadopoulos, 2010).

Por su parte Bartolomé (2014), sostiene que antes de elegir cuál es el mejor procedimiento para tratar las aguas de lastre, es necesario estudiar el mecanismo que se utiliza para sustituir el agua de lastre en el mar, que suele dividirse en dos grupos; bombeo único y bombeo continuo. Cada uno de ellos depende de varias medidas de control de seguridad, como fuerzas de torsión, nivel de presión en el tanque, momentos de flectores del casco, resistencia del material, etc. Factores a

considerar al elegir la tecnología de tratamiento de agua de lastre para su uso. Mismos que se explican en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Formas de cambio de agua de lastre.*

| <b>Mecanismo</b> | <b>Método</b>  | <b>Descripción</b>   |
|------------------|----------------|--|
| Bombeo único     | Secuencial     | Cada tanque de agua de lastre se vacía y se vuelve a llenar con un lastre reemplazado que supere el 95% de volumen.  |
| Bombeo continuo  | Flujo continuo | Bombeo del agua de lastre de reemplazo permitiendo que el agua fluya o rebose.   |
|                  | Dilución       | Intercambio dentro del tanque del agua de lastre mediante su parte superior descargando simultáneamente el volumen de agua que se carga por la parte inferior. |

Fuente: Adaptado de Bartolomé (2014).

Durante el viaje, sin embargo, existe más tiempo para realizar el proceso de tratamiento, y consecuentemente, el caudal de agua puede ser inferior. Por otro lado, es posible hacer recircular el agua hasta que se haya logrado un adecuado nivel de protección ante organismos patógenos (Werschkun *et al.*, 2014).

A pesar de ello, la opinión más extendida entre los expertos es que el tratamiento durante el lastre y deslastre acaba resultando mucho más efectivo, ya que desactiva los organismos contenidos en la mezcla agua - sedimento, frente a la opción del tratamiento a bordo (dado que, en este último caso, los sedimentos acaban depositándose y acumulándose en el fondo de los tanques).

La opinión general considera que el tratamiento del agua de lastre y sedimentos a bordo del buque siempre es una solución preferible a tener que acudir a instalaciones de recepción en tierra.

## 2.2.2. Sistema de Gestión de Agua de Lastre

El sistema de gestión del agua de lastre es definido por la OMI (2004), como:

Procedimientos mecánicos, físicos, químicos o biológicos, ya sean utilizados individualmente o en combinación, destinados a extraer, o neutralizar los organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos existentes en el agua de lastre y los sedimentos, o a evitar la toma o la descarga de los mismos. (p.2)

Los estudios que se han venido realizando hasta la actualidad, han concluido que no es suficiente adoptar una única y simple solución al problema del tratamiento a bordo; la opción más idónea pasa por una conjunción de diferentes técnicas; lo que, al mismo tiempo, acaba resultando más efectivo y fácil de aplicar a nivel operativo y económico (Werschkun et al., 2014).

La opción más empleada consiste en dividir el procedimiento de tratamiento a bordo en dos etapas: la primera fase suele ser de tipo mecánico (eliminación de contaminantes) y la segunda, puede estar basado en una desinfección, un tratamiento físico o biológico (limpieza de tanques).

Las investigaciones actuales sobre tecnologías de tratamiento de agua de lastre han incluido muchos tipos de enfoque, aunque actualmente existen varios métodos, éstos se pueden englobar en tres grandes grupos, tratamientos mecánicos, físicos y químicos (Tsolaki y Diamadopoulos, 2010).

**1. Procedimientos Mecánicos.** Se trata de la eliminación de contaminantes del agua mediante el uso de dispositivos que efectúan la limpieza mecánica de contaminantes. Se recomienda combinar estos procesos con otro tipo de tratamiento físico o químico para obtener mayor efectividad en la descontaminación (Werschkun *et al.*, 2014). Entre estos tenemos:

- **Tratamiento por Filtración:** Elimina cualquier sólido cuyo tamaño sea superior al del filtro, el resto, tales como virus y bacterias, no se eliminarían. Esta puede ser de varios tipos: por osmosis inversa (RO), nanifiltración (NF), ultrafiltración (UF) o microfiltración (MF).
- **Tratamiento por Separación:** Método por centrifugación en un hidrociclón. Las partículas con una densidad mayor al agua serán arrastradas a la parte externa del dispositivo y resultan fáciles de eliminar, pero escapan las que tengan una densidad similar o menos a la del agua del mar.
- **Tratamiento por sedimentación y flotación:** Método por centrifugación en un hidrociclón. Las partículas con una densidad mayor al agua serán arrastradas a la parte externa del dispositivo y resultan fáciles de eliminar, pero escapan las que tengan una densidad similar o menos a la del agua del mar.

**2. Tratamientos Físicos.** Consisten en una serie de procedimientos de desinfección del agua, mediante el uso de equipos que actúan sobre los componentes del agua. Dado que no se añade ninguna sustancia al fluido, la composición química del mismo no se verá, en ningún caso, alterada. Aunque esta tecnología permite obtener buenos resultados, por norma general, se acompaña de otros tratamientos adicionales para lograr una mayor efectividad (Tsolaki y Diamadopoulos, 2010). Entre estos tenemos:

- **Tratamiento por Temperatura (Calor):** La mayor parte de organismos perecen tras calentar el agua de lastre a temperaturas en torno a los 35°C a 45°C, durante un cierto periodo de tiempo. Con temperaturas inferiores a los 60°C, también es posible desactivar, o

incluso, erradicar muchos de los organismos de carácter tóxico. Por ejemplo, para eliminar a los mejillones cebra que se suelen fijar en las tuberías, sería suficiente aplicar una exposición de entre 2 y 6 horas, a una temperatura comprendida entre los 36°C y 38°C. Si se trata de eliminar ciertas algas más resistentes, se debe que aumentar la temperatura, hasta alcanzar unos 50°C, o incluso más; como norma general, una exposición a 40°C durante unos 8 minutos, sería definitiva para la inmensa mayoría de organismos marinos.

- **Tratamiento por Radiación Ultravioleta (UV):** Utiliza radiaciones ultravioletas para eliminar los contaminantes. Numerosos estudios han concluido que la posibilidad de emplear este tratamiento por UV a bordo no supondría grandes complicaciones en los buques de nueva construcción. Este método constituye un buen complemento para los sistemas de filtrado, como por ejemplo el sistema *Ballast Master UV*, que combina filtración y radiación UV. No obstante, instalar estos sistemas en los buques ya existentes podría conllevar problemas de logística convencionales.
- **Tratamiento por Radiación Gamma (GR):** Los rayos gamma de alta penetración, podrían ser aplicados como técnica alternativa de tratamiento del agua de lastre. Este procedimiento todavía está en vías de desarrollo, siendo su introducción bastante reciente. Su objetivo tuvo origen en la pasteurización de aguas residuales.
- **Tratamiento por Ultrasonido:** Desde el año 1950, se ha estado investigando acerca de la utilidad de los ultrasonidos para controlar las incrustaciones del casco de los buques; el estudio sobre su posible

aplicación al tratamiento del agua de lastre se ha llevado a cabo desde 1963, pero a día de hoy todavía no se conocen de pruebas para incorporar un sistema de ultrasonidos a bordo. Estos mecanismos emplean transductores para aplicar al agua la energía del sonido. El efecto de los ultrasonidos puede verse incrementado si se dan altas frecuencias, altas temperaturas y bajas concentraciones de materia en disolución. Para poder utilizar este sistema, es necesario instalar transceptores en la línea de lastre. Se recomienda instalar un sistema transductores paralelos de tuberías, a fin de poder proporcionar un tiempo de exposición suficiente como para lograr una mortandad significativa de los organismos marinos y agentes patógenos.

- o ***Tratamiento por Cambios de Presiones:*** Se trata de un procedimiento similar a los ultrasonidos, que produce cambios rápidos de presión por medio de un cañón de aire. Es una técnica ampliamente utilizada en las investigaciones sísmicas. Con cualquiera de estas dos técnicas caría la posibilidad de que producir daños en numerosas especies patógenas. Con todo, conllevan el inconveniente de que el ruido producido por los transceptores podría afectar seriamente a la salud de los tripulantes, así como ocasionar daños en el revestimiento de los tanques o sus estructuras, comprometiendo la seguridad. Por lo tanto, a priori, a falta de mayor investigación, podemos concluir que no es un método viable a bordo de los buques.
- o ***Tratamiento por Microondas:*** Se trata de un procedimiento desarrollado, en un principio, para el tratamiento de aguas residuales. Es una técnica pensada para aplicarla en combinación con los

ultrasonidos, respecto al tratamiento del agua de lastre. No obstante, su elevado coste (un generador de 50 KW implicaría 2 millones de dólares americanos, siendo además, insuficiente para un tanque de lastre grande) hace inviable su implementación a bordo (Tsolaki y Diamadopoulos, 2010, p.26).

- o ***Tratamiento por Electricidad:*** La aplicación de campos o impulsos eléctricos podría ser una solución efectiva para erradicar ciertos macroorganismos presentes en el agua de lastre, que se verían seriamente afectados. Por ejemplo, una descarga eléctrica de 100 voltios durante 5 segundos provocaría la desactivación de los dinoflagelados. Para poder utilizarla, se instala una unidad eléctrica en las proximidades de la toma de mar del buque, y se activa durante las operaciones de lastrado.
- o ***Tratamiento por Magnetismo:*** Es un campo que se encuentra, fundamentalmente, en investigación. Todavía no se ha realizado ningún experimento en el agua de mar. Consiste en que unos dispositivos ferromagnéticos o electromagnéticos generan un campo magnético por el que se hace pasar el agua a ser tratada. Todavía se está estudiando acerca del posible impacto biológico y químico de un intenso campo magnético sobre los organismos marinos, Por ejemplo, el sistema Hitachi - ClearBallast, está pensado para suministrar polvo magnético al agua durante el lastrado; se agita el agua; y se separan magnéticamente los agentes acuáticos del agua.

**3. Tratamientos Químicos.** En la actualidad existen en el mercado una inmensa variedad de productos químicos desinfectantes, que se han

empleado durante muchos años en el ámbito del tratamiento de las aguas potables o residuales. Esto se conoce como “tecnología electroquímica”. Por otro lado, también están muy extendidos numerosos biocidas inorgánicos para el tratamiento del agua. Se debe tener en consideración el gasto económico que suponen estos mecanismos; además, también hay que valorar las posibilidades de almacenamiento a bordo. Hay que tener en cuenta que, para poder tratar con efectividad grandes cantidades de agua de lastre, serían necesarias varias toneladas de producto (Werschkun et al., 2014). Entre estos tenemos:

- o **Tratamiento con Biocidas:** Existen dos tipos fundamentales de biocidas, los oxidantes y los no oxidantes (Austin, 1997). Los oxidantes actúan de forma rápida, destruyendo la membrana de las células y provocando su muerte. En cambio, los no oxidantes, en cambio, son de acción más lenta, por lo que no son una buena opción en las travesías cortas. Entre los biocidas oxidantes están el tratamiento con ozono, (ozonación) con peróxido de hidrógeno, con halógenos (flúor, cloro, bromo o yodo, que forman sales al estar en contacto con iones metálicos), con hipoclorito de sodio (cloración) o con cloramina (cloraminación).
  - *Cloración:* El hipoclorito de sodio es un compuesto químico, fuertemente oxidante de fórmula  $\text{NaClO}$ . Contiene cloro en estado de oxidación +1, es un oxidante fuerte y económico. Debido a esta característica se utiliza como desinfectante; además destruye muchos colorantes por lo que se utiliza como blanqueador. Disuelto en el agua es más conocido

simplemente como lejía o cloro de uso doméstico e industrial (Austin, 1997).

- *Cloraminación:* Por otro lado, la cloramina es un compuesto químico de fórmula  $\text{NH}_2\text{Cl}$ . Por lo general se utiliza como una solución diluida con función desinfectante. La combinación del amoníaco con el cloro en el proceso de tratamiento del agua conocido como cloraminación, tiene como primer objetivo aportar un desinfectante residual al agua, más persistente que el cloro libre, a la vez que evita ciertos sabores de algunos compuestos clorados (Austin, 1997).
- *Ozonización:* El ozono es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas oxígeno. El tratamiento de aguas residuales o agua de lastre con ozono presenta una serie de ventajas respecto al tratamiento con cloro. En primer lugar, debido al fuerte poder oxidante la calidad de la desinfección con ozono es muy superior a la que se consigue con un tratamiento con cloro (Austin, 1997).

Los biocidas no oxidantes son extractos y químicos naturales que se aplican al inicio del viaje, y operan interfiriendo en el funcionamiento vital de los organismos (metabolismo, reproducción, etc.). Transcurridos varios días, se degradan en un producto químico no tóxico, que altere mínimamente el medio ambiente.

Entre las principales ventajas de los biocidas, se puede destacar: su facilidad de aplicación, un escaso mantenimiento, apenas ocupan espacio de almacenaje (ya que el suministro solo es puntual y de forma concentrada). Y entre los dos grupos de biocidas, los no oxidantes son biodegradables, los que les da una ventaja sobre los que son oxidantes. Respecto a los inconvenientes de los biocidas, estos pueden liberar gases indeseados y producir efectos tóxicos y corrosivos sobre los humanos, el agua de descarga, la vida marina, o las partes metálicas de los buques, revestimiento de tuberías y equipos. Con el paso del tiempo, también podrían producir una degradación de los materiales, lo cual se puede retrasar mediante protección catódica (Austin, 1997).

Por otro lado, existe cierta reticencia a añadir productos químicos a las aguas que vayan a ser descargadas nuevamente al mar. También se cuestiona la efectividad de los biocidas ante determinadas especies. En cualquier caso, estos productos deben cumplir con la normativa establecida por la OMI / IMO respecto a las regulaciones de descarga. Evidentemente, antes de emplear cualquier biocida, es necesario que la dotación reciba una formación adecuada y específica sobre la manipulación de este tipo de productos.

- o **Tratamiento Electroquímico:** El tratamiento con tecnología electroquímica o electrólisis consiste en un proceso donde los electrones suministrados por la corriente continua reaccionan con

iones y moléculas en el agua. El requisito básico para el proceso es una fuente de alimentación de corriente eléctrica y dos electrodos, un ánodo y un cátodo. Ciertas sustancias, (ácidos, hidróxidos, sales y algunos óxidos metálicos disueltos) son conductores de electricidad al mismo tiempo que se descomponen al paso de la corriente eléctrica, a estas sustancias se les llama electrolitos. Al igual que en las pilas electroquímicas, una reacción de electrólisis puede ser considerada como el conjunto de dos medias reacciones de óxido-reducción (redox): una oxidación anódica y una reducción catódica. Se han usado diferentes términos para describir este tipo de proceso de tratamiento de aguas: redox forzado, desinfección electrolítica, desinfección electroquímica, oxidación electroquímica, agua activa electroquímica, electrocoagulación y producción de radicales de hidroxilos (Austin, 1997).

Un caso específico de tratamiento electroquímico es la que se realiza por electrocatálisis. En la Química, la catálisis es la modificación de la velocidad de los procesos químicos inducida por sustancias que, aunque participan en ellos, no muestran cambio alguno tras producirse. Una definición análoga podría darse para la electrocatálisis, la cual podría ser definida como una catálisis específica de las reacciones electroquímicas (González, 2020).

- o **Tratamiento con Desoxigenación:** La desoxigenación consiste en eliminar el exceso de oxígeno disuelto en el líquido, inyectando nitrógeno o dióxido de carbono en forma de pequeñas burbujas. Por medio de un gradiente de concentración, estas burbujas fuerzan el

paso del oxígeno disuelto a la fase gaseosa, que después se purga del líquido. Esto puede reducir el oxígeno residual en el agua de lastre a tan solo 1-3 ppm, lo que ayuda a eliminar gran parte de los organismos (Austin, 1997).

**4. Tratamientos Combinados.** Los tratamientos combinados se utilizan en muchos sistemas comerciales de gestión de agua de lastre. A continuación, se mencionan una serie de ejemplos ampliamente utilizados a bordo de los buques, aprobados por la IMO para llevar a cabo la gestión del agua de lastre. Todos ellos se basan en la combinación de dos o más de los métodos que hemos descrito de manera individual.

- Sistema Ecochlor – Ballast Water Treatment
- Sistema Hyundai – HiBallast
- Sistema Wärtsilä – Aquariusec
- Sistema Techcross - ElectroClean
- Sistema “Ocean Guard” (Headway Technologies)
- Sistema Panasia – Gloenpatrol
- Sistema Alfa Laval – PureBallast
- Sistema DESMI – CompactClean
- Sistema DESMI – RayClean

**5. Limpieza de Tanques.** Posteriormente a la eliminación de los organismos contaminantes que están presentes dentro del agua de lastre, se debe efectuar de manera periódica la limpieza de los sedimentos de los tanques de almacenamiento. Al ser lugares de trabajo donde se pueden acumular residuos y desperdicios, conviene hacerla frecuentemente, retirando todos

los residuos y desperdicios en contenedores adecuados. Los trabajadores que realicen las operaciones de limpieza han de recibir la información y formación suficientes sobre los riesgos derivados de los productos de limpieza que manejen, sobre la utilización segura de los equipos de limpieza y sobre la utilización de los equipos de protección individual (Capa, 2019).

### **2.2.3. Sistema de Gestión del Agua de Lastre “Ocean Guard”**

Ocean Gard es un sistema de gestión del agua de lastre - BWMS (por sus siglas en inglés *Ballast Water Management System*), desarrollado por Headway Technologies Company Limited junto con la Universidad de Ingeniería de Harbin (China). El sistema “Ocean Guard” tiene como objetivo eliminar los organismos del agua de lastre del barco, con el objetivo de proteger el medio ambiente marítimo y evitar la contaminación de los seres vivos marinos. El agua de lastre tratada por este sistema puede cumplir con los requisitos de la Convención Internacional BWM (Convención Internacional de Control y Gestión de Agua de Lastre y Sedimentos de Buques) de la Organización Marítima Internacional (Headway Technologies, 2015)

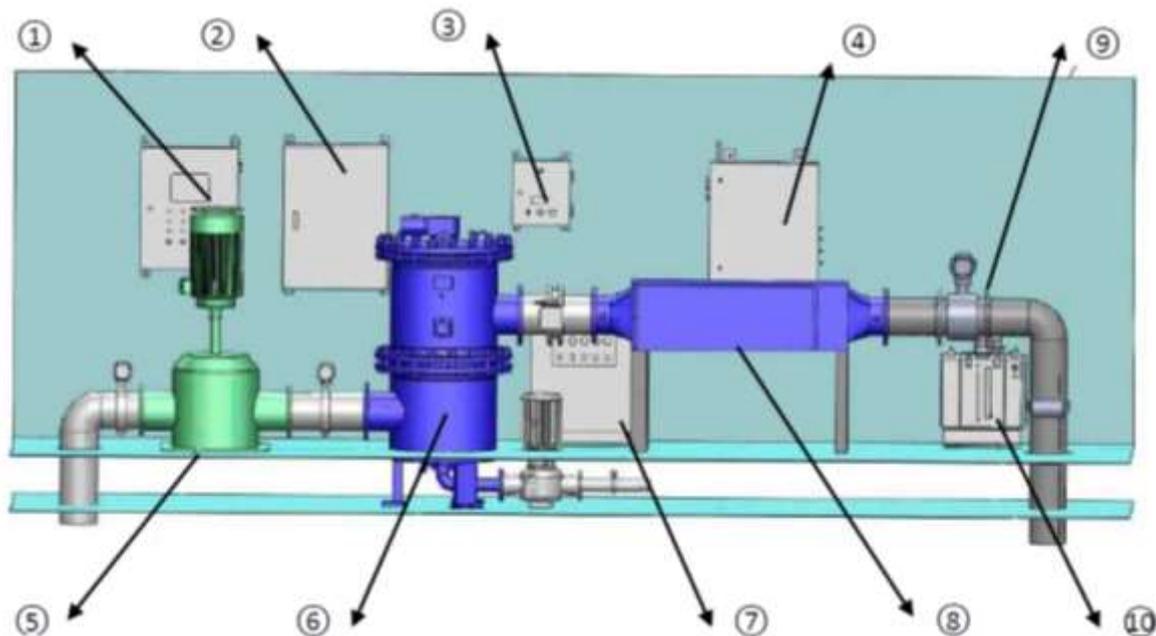
El sistema “Ocean Guard” adopta tecnología colaborativa de electrocatálisis avanzada (abreviatura EUT) y ha logrado el tratamiento en línea del agua de lastre. Este método es parte del proceso de oxidación avanzado, a través de la combinación de electrocatálisis y tecnología de ultrasonido, es capaz de matar de manera altamente eficiente el microorganismo del agua de lastre del barco.

El sistema “Ocean Guard” se caracteriza por un funcionamiento sencillo y un mantenimiento sencillo, y ha realizado un control automático bidireccional local y

remoto, con una interfaz hombre-máquina amigable, fácil de operar. Es flexible y fácil de instalar en barcos de pequeño tonelaje, mientras que en barcos de gran tonelaje se pueden instalar varias unidades en paralelo, ocupando un espacio reducido. El procedimiento de tratamiento contiene filtrado y electrocatálisis para filtrar y matar el organismo en el agua, los otros componentes se utilizan para control, análisis, monitoreo y autocontrol (Headway Technologies, 2015).

### 2.2.2.1. Componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”

En conformidad con Qingdao Headway Technology (2010), el sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” se integra principalmente por los componentes que se visualizan en la Figura 3:



**Figura 3.** Principales componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Qingdao Headway Technology (2010, p.3).

1. Unidad de control (*control unit*).

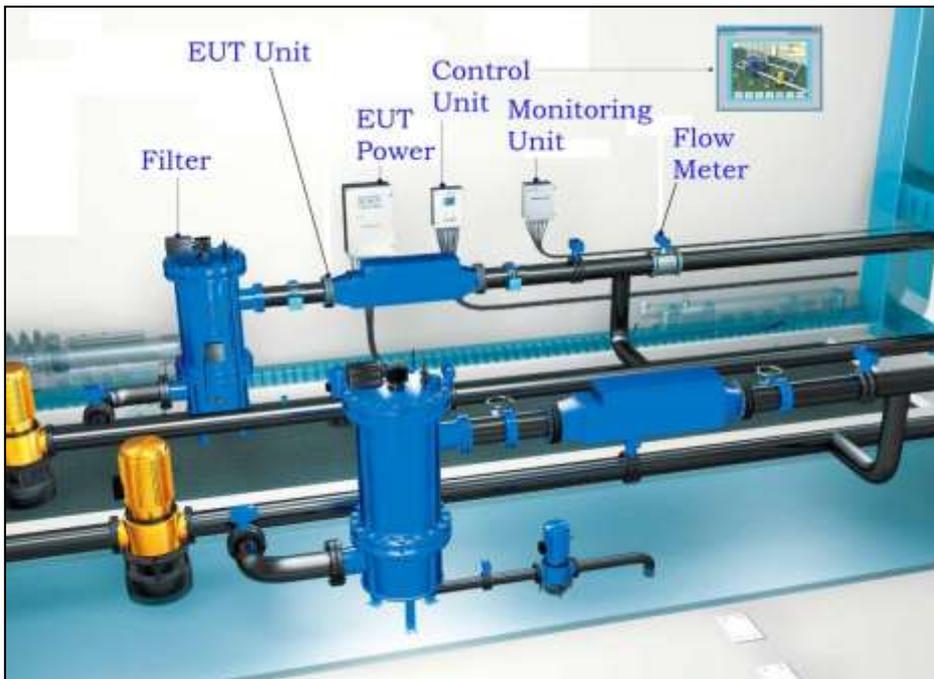
2. Unidad de distribución de energía (*power distribution unit - PDU*).
3. Unidad de control remoto (*remote control unit*).
4. Unidad de monitoreo (*monitoring unit*).
5. Bomba de retrolavado (*back-flushing pump*).
6. Filtro (*filter*).
7. Unidad de potencia EUT (*EUT power*)
8. Unidad de Ultra Tratamiento de Electrocatálisis (EUT).
9. Medidor de flujo (*flowmeter*).
10. Unidad de neutralización (*neutralization unit*).

Así mismo se observa la configuración de los equipos mencionados de manera individual en la Figura 4 y configuración doble en la Figura 5.



**Figura 4.** Configuración Tipo 1 (individual) de los equipos del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Norta MIT (2019, p.2).



**Figura 5.** Configuración Tipo 2 (doble) de los equipos del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Nortia MIT (2019, p.2).

Las características de los componentes del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” se describen detalladamente a continuación:

***Unidad de Control.***

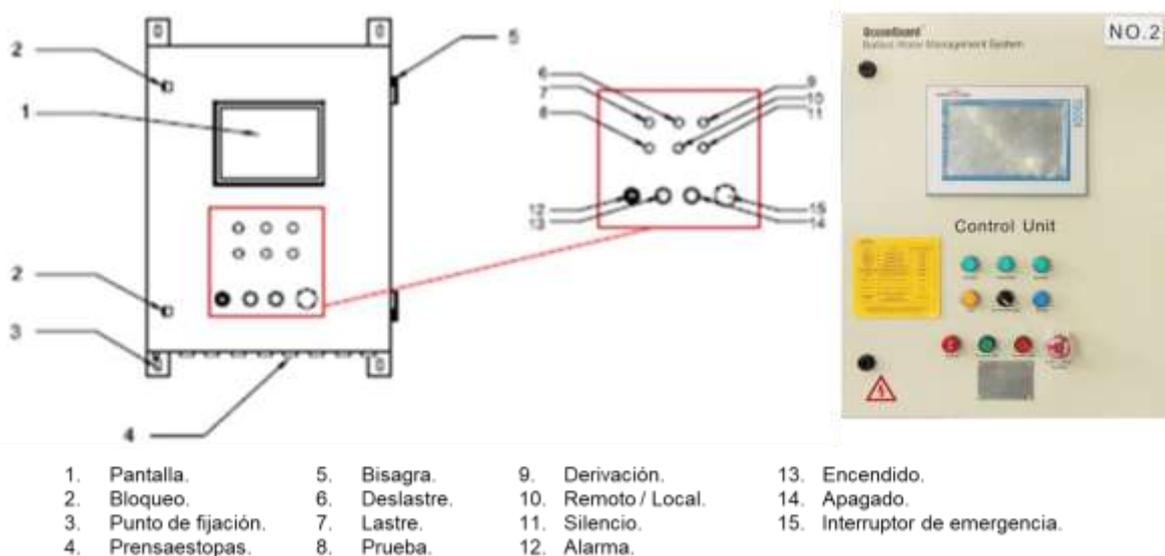
Bondzio (2016), señala que la unidad de control alberga un controlador lógico programable (PLC) que recibe los datos y señales de sensores y sistemas de control periférico. El PLC también controla las válvulas, enviando información a la energía EUT, la unidad de neutralización e interconecta el sistema OceanGuard® con el sistema de alarma y monitoreo de los barcos y el sistema de control remoto de válvulas y el sistema de fijación de posición electrónica de los barcos. También registra los datos operativos necesarios del sistema.

El estado y los valores del proceso, las indicaciones de alarma y los controles están disponibles para el operador desde la unidad de visualización / pantalla táctil,

empotrada en la puerta del armario de control. Los parámetros operativos y la configuración se pueden modificar dentro de los rangos hasta cierto punto, con diferentes niveles que requieren la entrada de contraseñas (Bondzio, 2016).

En la puerta se proporcionan tres botones de selección de modo (Lastre / Deballast / Bypass), un selector de control local / control remoto del sistema, un interruptor de parada de emergencia tipo 'hongo' son otros elementos de control en el gabinete de control y un zumbador de alarma se usa para acústicamente anunciar el estado de falla (Bondzio, 2016).

Esta unidad se describe en la Figura 6.



**Figura 6.** Unidad de control del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

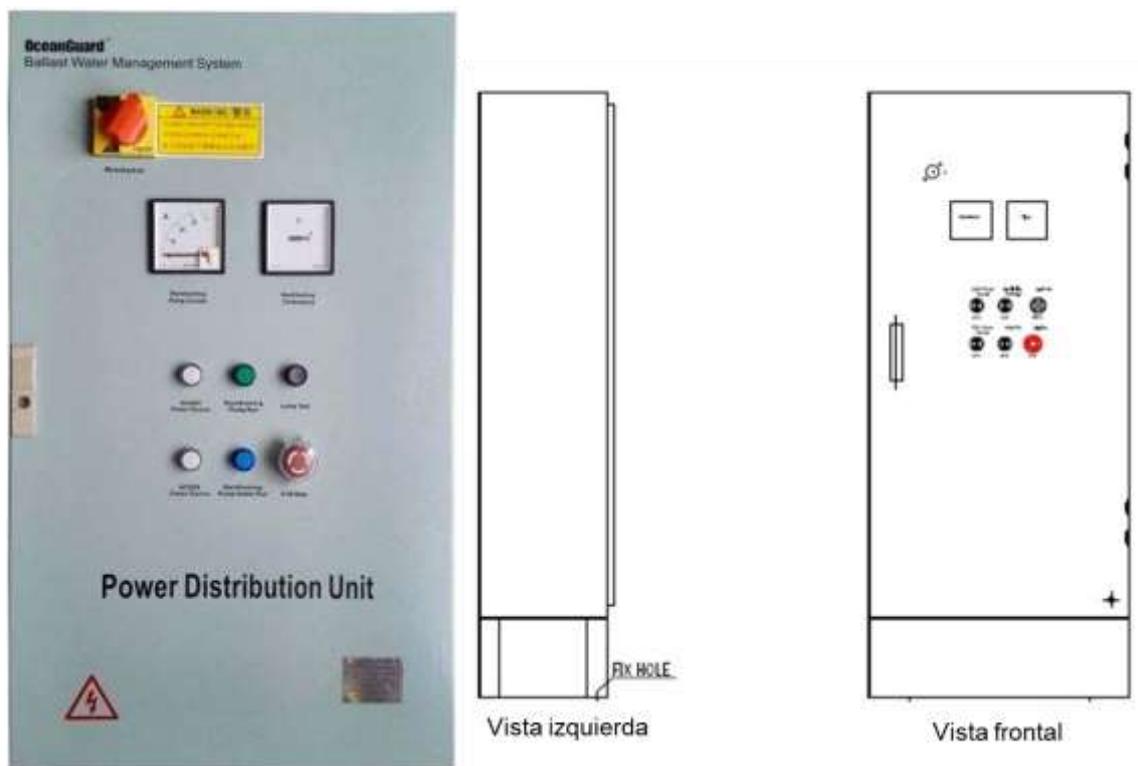
Fuente: Bondzio (2016, p.12).

### ***Unidad de Distribución de Energía.***

Bondzio (2016), señala que la unidad de distribución de energía (PDU) es un conjunto de aparata de baja tensión y equipo de control que aloja los dispositivos de protección y los arrancadores de motor para la distribución de energía eléctrica a los componentes del sistema.

En la PDU se incluye una fuente de alimentación de modo conmutado de CA / CC para la fuente de alimentación de 24 VCC a la unidad de filtrado y la bomba de muestreo y el medidor de salinidad en la unidad de monitoreo (Bondzio, 2016).

La instrumentación se proporciona en forma de amperímetro e indicación de horas de funcionamiento para la bomba de retrolavado. Se proporciona un interruptor de parada de emergencia en forma de "hongo" en la puerta de la PDU (Bondzio, 2016). En la Figura 8 se puede observar esta unidad.



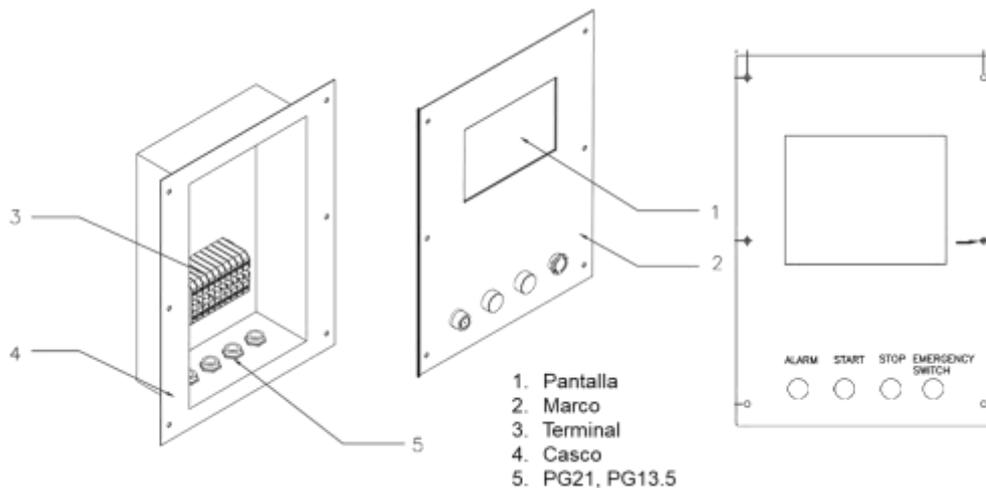
**Figura 7.** Unidad de distribución de energía del sistema de gestión de agua de lastre "Ocean Guard".

Fuente: Bondzio (2016, p.15).

### ***Unidad de Control Remoto.***

Mediante la unidad de control remoto se puede controlar a distancia el equipo. Posee los botones que envían los comandos básicos de encendido / apagado y arranque / parar. Posee un transmisor de señales de radio-frecuencias de onda

corta (HF), mediante el cual envía las órdenes al equipo (Headway Technology, 2015). Sus principales características se evidencian en la Figura 8.



**Figura 8.** Unidad de control remoto del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

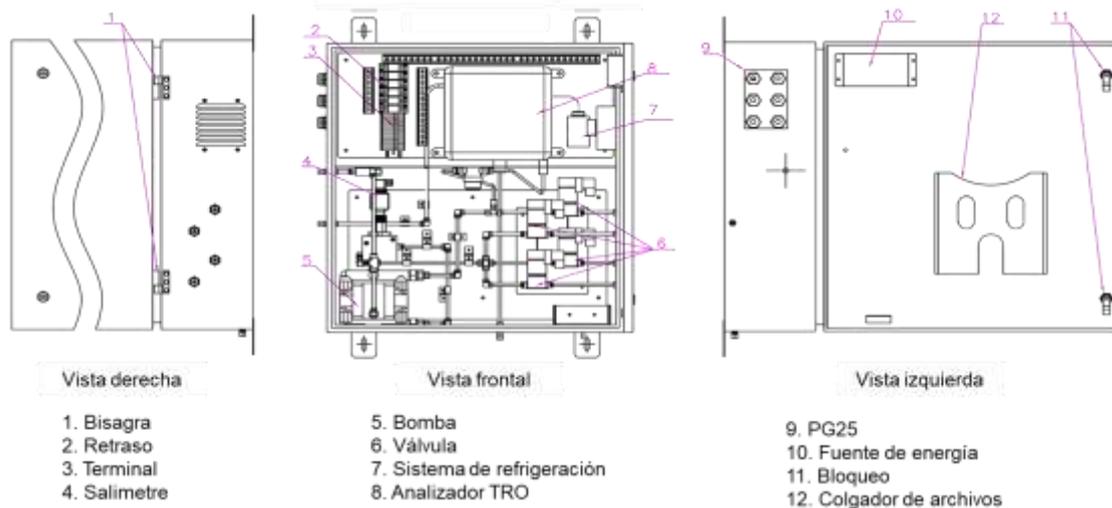
Fuente: Headway Technology (2015, p.105).

### ***Unidad de Monitoreo.***

La unidad de monitorización consta de piezas tales como el medidor TRO, (oxidante residual total), la válvula electromagnética, la bomba, relé, el radiador y la botella de reactivo (Headway Technology, 2015).

La unidad de monitoreo incluye un sistema de enfriamiento para el almacenamiento de los reactivos, la tubería de muestreo, válvulas y una pequeña bomba de muestreo, también retroalimenta la salinidad del agua a la unidad de control (Bondzio, 2016).

Las partes que integran la unidad de monitoreo del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” se ofrecen en la Figura 9.



**Figura 9.** Unidad de monitoreo del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Headway Technology (2015, p.87).

### **Bomba de Retrolavado.**

La bomba de retrolavado que utiliza el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” es de tipo vertical, de marca DESMI, sus características se visualizan en la Figura 10.



**Figura 10.** Bomba de retrolavado del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

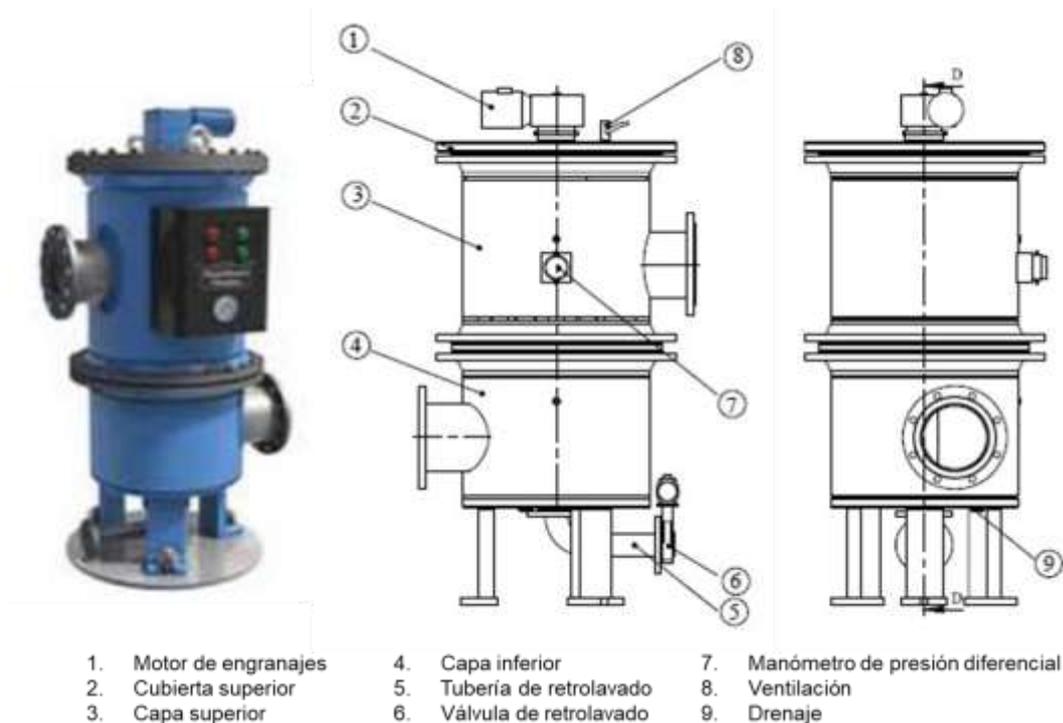
Fuente: Headway Technology (2015, p.101).

### **Filtro.**

El filtro de retrolavado completamente automático de Headway es un producto mecatrónico, con características tales como estructura compacta, alta eficiencia de filtrado y bajo consumo de agua para retrolavado, bajos costos operativos y filtración continua durante la retrolavado, etc. Estructura tangente se adopta en la entrada del filtro. Puede amortiguar eficazmente el impacto del agua en la entrada y reducir la pérdida de resistencia de todo el sistema en el filtro (Headway Technologies, 2015).

El elemento de filtro utiliza una estructura especial, que puede acelerar el retrolavado, mantener la velocidad igual y eliminar las áreas muertas del retrolavado, de modo que se pueda mejorar la eficiencia de la filtración y el retrolavado en el equipo. Este tipo de filtro es ampliamente utilizado en áreas como transporte, metalurgia, química, energía, fabricación de papel, procesamiento de maquinaria, obras públicas y protección ambiental, etc., con ventajas especiales en la filtración del agua de lastre de los barcos (Headway Technologies, 2015).

El filtro está dimensionado de acuerdo con la capacidad y el caudal del sistema de lastre y está disponible en 12 versiones que difieren en las dimensiones físicas y el número de velas de filtro. La carcasa del filtro está hecha de pintura de acero al carbono y el interior está recubierto de poliurea. El diseño del filtro está hecho de manera que se minimice la pérdida de presión dentro del sistema de lastre (Bondzio, 2016). Las características de este equipo se visualizan en la Figura 11.

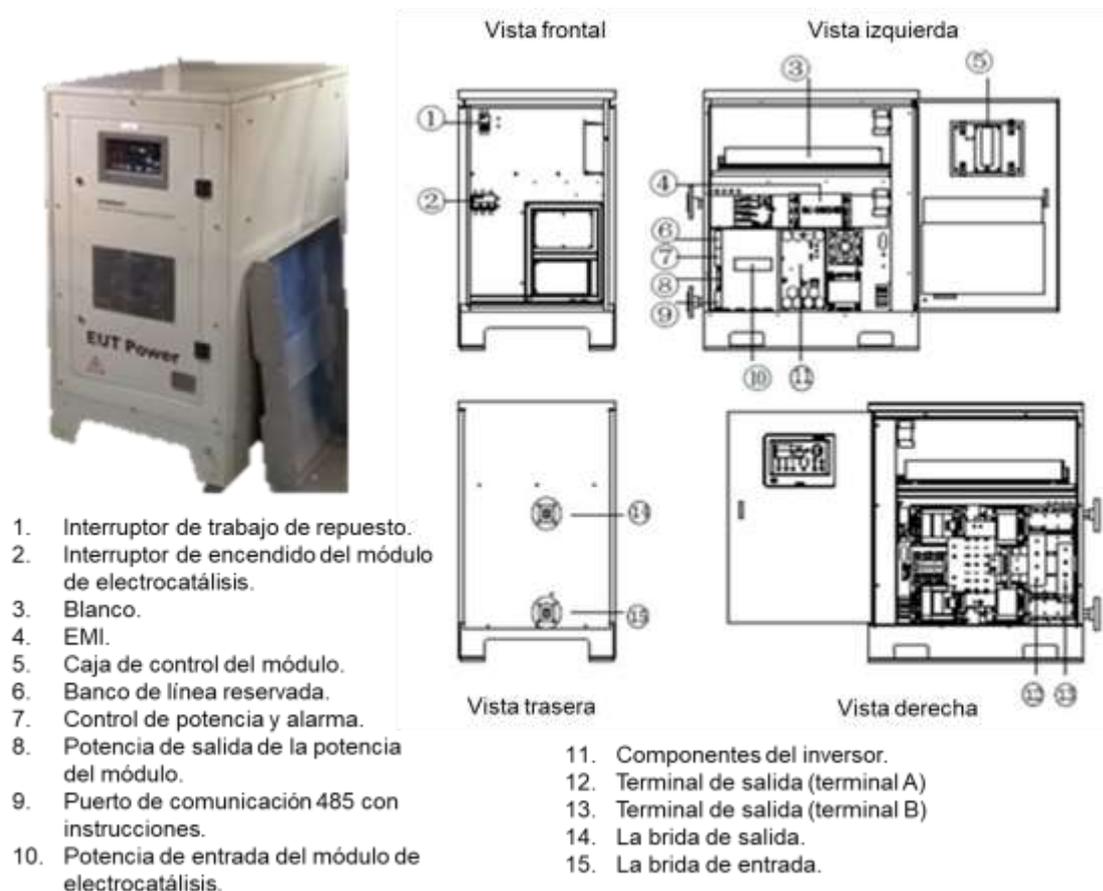


**Figura 11.** Filtro del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Bondzio (2016, p.6).

### ***Unidad de Potencia EUT.***

La unidad de potencia está equipada con un panel de control, que permite el ajuste local manual del voltaje y la corriente de salida y la indicación de la corriente y la potencia de salida (control local). La configuración predeterminada durante la puesta en marcha del sistema es el modo remoto, en el que la unidad de control controla y ajusta automáticamente la corriente y el voltaje de CC. Se han implementado salvaguardias que impiden el suministro continuo de energía a la unidad EUT si se configura en control local. El estado y las alarmas se envían a través de una conexión de datos en serie a la unidad de control OceanGuard (Bondzio, 2016).



**Figura 12.** Unidad de potencia EUT del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Bondzio (2016, p.7).

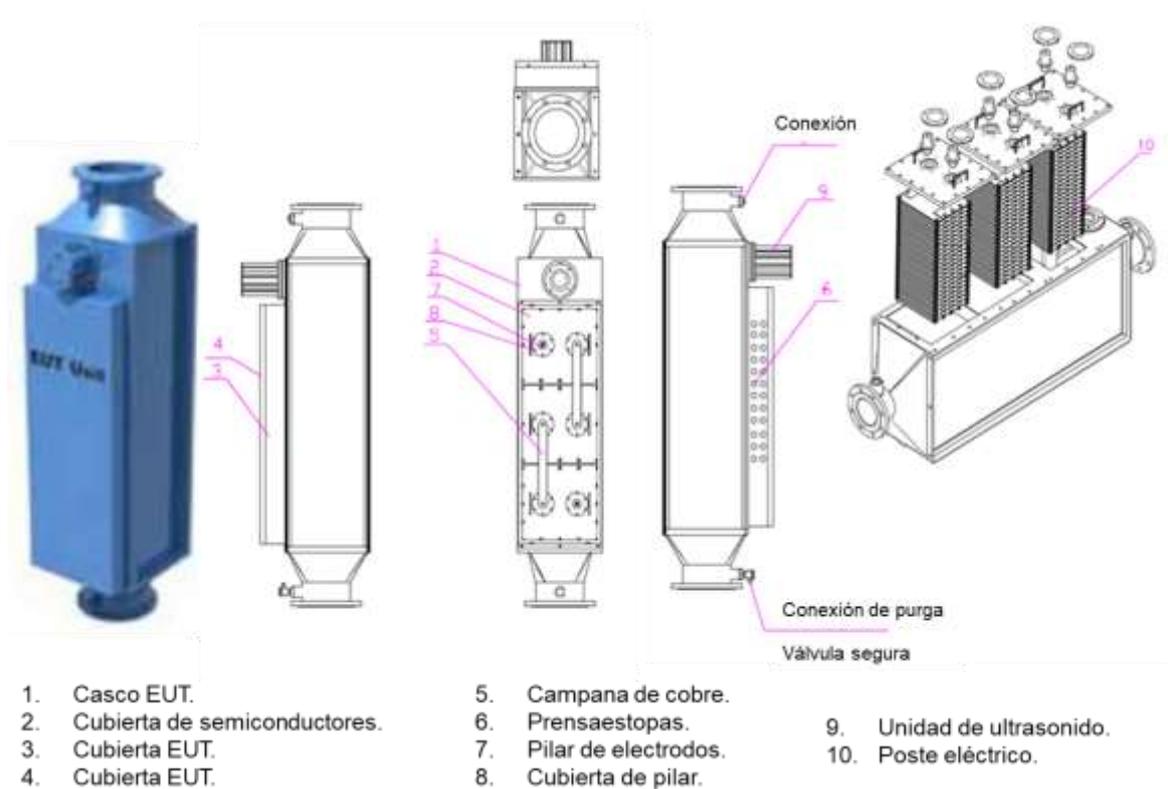
### ***Unidad de Ultra Tratamiento de Electrocatálisis (EUT).***

Es un conjunto de flujo continuo de una sola etapa con el tamaño de la unidad dependiendo de la capacidad de tratamiento del sistema. El número de módulos de electrocatálisis instalados en el envoltorio va desde un solo módulo hasta tres módulos para unidades con mayor capacidad de tratamiento (Bondzio, 2016).

La caja está hecha de acero al carbono con un revestimiento de poliurea aplicado al interior de la unidad EUT. La presión de diseño de la unidad EUT es de 6 bares. La unidad se puede operar horizontal y verticalmente (Bondzio, 2016).

Los módulos de electrocatálisis se insertan y atornillan al gabinete del EUT y consisten en pilas de electrodos planos bipolares aislados, eléctricamente aislados del gabinete del EUT. La unidad incluye un compartimento de cables separado para la conexión de los cables de alimentación de CC a los electrodos (Bondzio, 2016).

Se instala un sensor en la salida del EUT, que monitorea la temperatura del agua de lastre para evitar que se exceda el límite máximo permitido en servicio (Bondzio, 2016). Características que se detallan en la Figura 13.

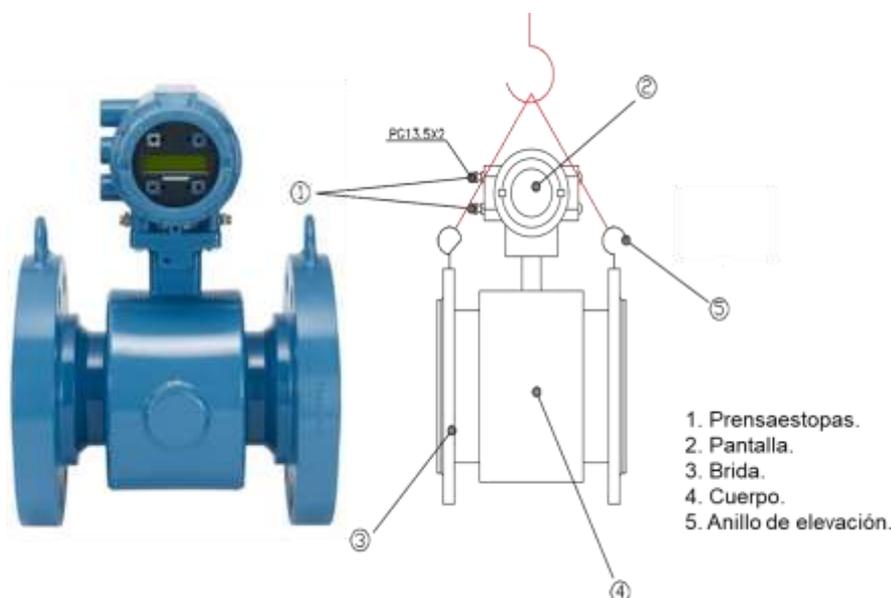


**Figura 13.** Unidad de Ultra Tratamiento de Electrocatálisis (EUT) del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Headway Technology (2015, p.26).

### **Medidor de Flujo.**

El caudalímetro electromagnético permite medir el caudal instantáneo y la cantidad de lastre y el agua de descarga, siendo sus características principales las expuestas en la Figura 14.

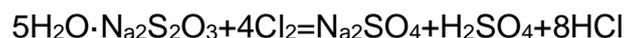


**Figura 14.** Medidor de flujo del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Headway Technology (2015, p.80).

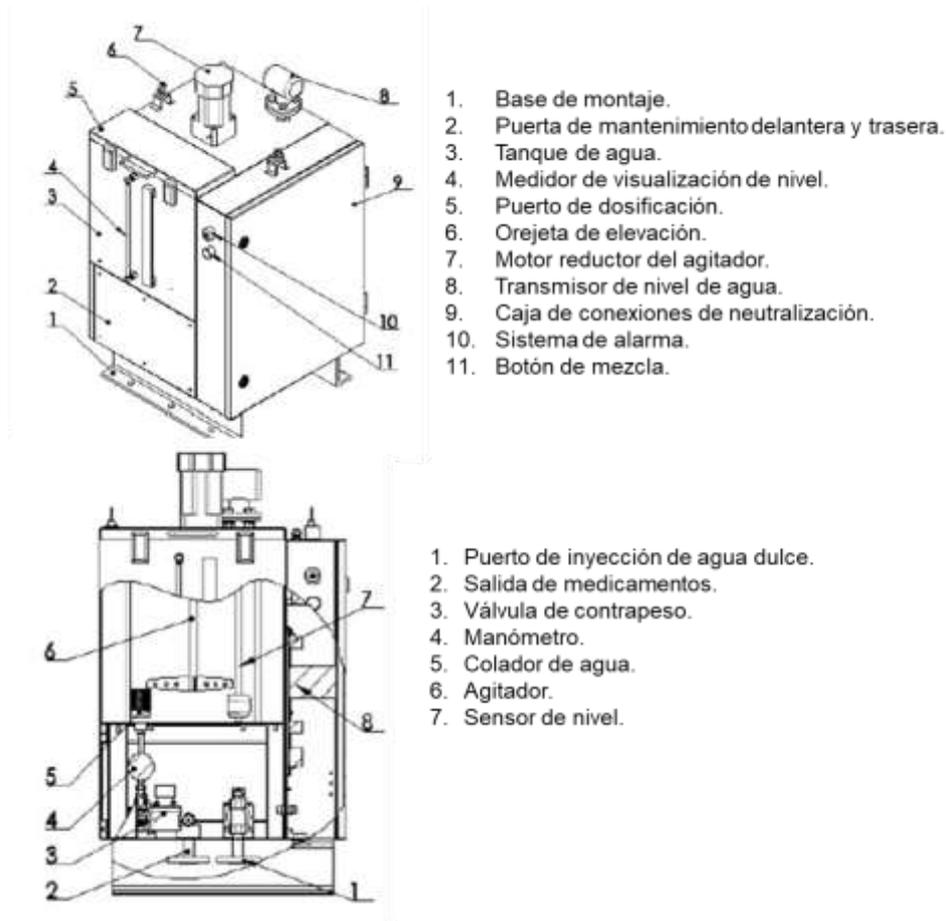
### **Unidad de Neutralización.**

La unidad de neutralización agrega tiosulfato de sodio pentahidratado en las tuberías para eliminar el TRO en el agua. Consulte la siguiente ecuación:



El tiosulfato de sodio pentahidratado es un polvo de cristal blanco, que es bien soluble en agua. No es tóxico e inofensivo, sin impacto en el medio ambiente. El tiosulfato de sodio pentahidratado es un clarificador de agua que se utiliza a menudo en proyectos de clarificación de agua. En la industria textil, se utiliza como anticloro para tejidos de algodón blanqueados, tinte de azufre para tejidos de lana

teñidos, agente preventivo del rubor para tinte índigo y anticloro para pulpa de papel, etc. (Headway Technology, 2015). En la Figura 15 se detallan las características de esta unidad.



**Figura 15.** Unidad de neutralización del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”.

Fuente: Bondzio (2016, p.16).

#### **2.2.1.4. Funcionamiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”**

La función de los componentes del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” se detallan a continuación:

### ***Unidad de Control.***

Headway Technologies (2015), señala que la unidad de control regula todo el sistema “Ocean Guard”, incluida la recopilación y el procesamiento de todas las señales de los sensores de monitoreo, el procesamiento de las señales de alarma y el control automático de la secuencia de encendido y apagado de los componentes. La Unidad de Control contiene el programa de control que se requiere para el funcionamiento del sistema. El estado de funcionamiento del sistema “Ocean Guard” se puede mostrar en el panel de la unidad de control, incluido el estado de funcionamiento de cada componente y los datos en tiempo real detectados por los sensores. Cuando el equipo se avería, la unidad de control puede enviar una alarma acústico-óptica, desconectar la alimentación y detener el sistema. El funcionamiento del equipo se puede almacenar y registrar en la Unidad de Control. Los datos se pueden mostrar según lo requieran las inspecciones formales.

La unidad de control recopila varias señales de sensores de monitoreo en todo el sistema, incluido el estado de apertura / cierre de las válvulas, señales de monitoreo como valores de corriente, valores de voltaje y valores de TRO (oxidante residual total) del medidor de salinidad, el medidor de flujo magnético y la EUT, y datos de viaje del barco. Con programas incorporados, el sistema informático de la Unidad de Control puede calcular los valores de corriente y los valores de voltaje en función de los parámetros recopilados, de manera que se ajuste el funcionamiento del sistema hasta que alcance el mejor estado de funcionamiento. De esta forma, el sistema “Ocean Guard” puede seguir funcionando en el mejor estado (Headway Technologies, 2015).

La unidad de control tiene funciones de grabación y almacenamiento. Puede registrar y almacenar los datos de funcionamiento durante al menos 24 meses. La unidad de control también tiene una interfaz de salida de alarma, que puede integrarse con otras señales de alarma de la sala de control del motor. Por lo tanto, asegura que la información de alarma se pueda detectar fácilmente en cualquier lugar de la sala de máquinas (Headway Technologies, 2015).

### ***Unidad de Distribución de Energía.***

Qingdao Headway Technology (2010), hace mención la unidad de distribución de energía proporciona principalmente energía para los componentes y las piezas auxiliares para BWMS. La unidad de distribución de energía incorporada en el interruptor puede proporcionar protección contra cortocircuitos para la unidad de energía EUT, la unidad de neutralización, la caja de control del filtro, la unidad de control, la unidad de monitoreo, etc. La unidad de distribución de energía puede proporcionar protección contra sobrecargas para la bomba de retrolavado y la bomba inclinada c.

### ***Unidad de Control Remoto.***

La unidad de control remoto para la instalación en posiciones de control subsidiarias (control de carga, sala de control de lastre, sala de control de motores) se puede conectar a la unidad de control principal, con la misma funcionalidad de control y acceso que la unidad de control principal (Bondzio, 2016).

### ***Unidad de Monitoreo.***

La Unidad de Monitoreo se utiliza para detectar el TRO (oxidante residual total) del agua de lastre, que es información muy importante para el desempeño del sistema "Ocean Guard". Los datos resultantes se pueden cargar en la unidad de control.

Según los datos, la unidad de control puede determinar el estado de funcionamiento y los modos de los equipos en el sistema. El desempeño de la unidad de monitoreo influirá directamente en el estado de funcionamiento del sistema "Ocean Guard". El TRO es un parámetro importante para determinar si los elementos activos efectivos en el agua son suficientes o no (Headway Technologies, 2015).

El medidor TRO se utiliza para detectar la concentración del oxidante residual total en el agua, a fin de determinar si la cantidad de sustancia activa en el sistema ha alcanzado el nivel establecido. El contenido de fluoruro en el agua generalmente se expresa en (mg / L), que es equivalente a PPM. En realidad, es un simple instrumento de control de detección en línea que es fácil de operar (Headway Technologies, 2015).

En este sentido Bondzio (2016), señala que el sistema OceanGuard debe monitorear la concentración de TRO del agua de lastre durante el lastre antes de que el agua de lastre tratada se bombee en los tanques y en el deslastre antes de que el agua de lastre se bombee por la borda. La muestra de agua se bombea a la entrada de la unidad de análisis, que almacena dos reactivos líquidos, uno con un tampón de pH y el otro con N-dietil-p-fenilendiamina (DPD).

La medición utiliza el principio colorimétrico y fotométrico DPD. El valor de pH del agua de muestreo debe ajustarse mezclando el agua de muestra con un reactivo. Se agrega el reactivo DPD y reaccionará con los oxidantes y cambiará el color de la muestra de agua. Una celda de medición fotométrica con un LED de banda estrecha y un fotosensor puede medir la concentración de TRO por absorbancia (Bondzio, 2016).

### ***Bomba de Retrolavado.***

Cuando el filtro está filtrando el agua de lastre, con más y más partículas de impureza acumuladas dentro del elemento filtrante, la diferencia de presión entre la salida y la entrada del filtro es cada vez mayor. Cuando la diferencia de presión alcanza el valor preestablecido, comienza el proceso de retrolavado. La caja de filtro automático controla la apertura de la válvula de retrolavado. El motor de engranajes comienza a funcionar e impulsa los brazos de lavado superior e inferior, a través del tubo de conexión, para girar a una velocidad constante (Headway Technologies, 2015).

Durante el retrolavado, cuando la articulación del brazo del mismo, que está conectado a la tubería, apunta a un elemento filtrante, las válvulas de retrolavado ya se han abierto. Bajo el impacto de la diferencia de presión, el fluido limpio filtrado se empuja desde el exterior hacia el interior del elemento filtrante. Las partículas de impureza que se adhieren a la superficie del elemento de filtro se lavan de nuevo al brazo de lavado y luego fuera del tubo de lavado a contracorriente. A medida que los brazos de lavado a contracorriente giran a velocidad constante, los elementos filtrantes se lavan uno por uno. Durante este proceso, otros elementos filtrantes siguen funcionando. Por tanto, el retrolavado se realiza automáticamente durante la filtración (Headway Technologies, 2015).

### ***Filtro.***

El filtro maneja principalmente las partículas de impurezas en el líquido con baja viscosidad. Al respecto Bondzio (2016), señala que el agua de lastre ingresará a la carcasa de la unidad por la entrada inferior a través de una conexión de brida estándar, se filtrará pasando a través de velas de filtro de 50  $\mu\text{m}$  y saldrá de la

carcasa por la salida superior a través de una conexión de brida estándar. La medición de la presión diferencial se proporciona para monitorear las velas de filtro bloqueadas, lo que activará el retrolavado automático a través de la caja de control del filtro.

Después de que se haya abierto la válvula de retrolavado, el motor de engranajes montado en la parte superior arrancará y moverá los casquillos de lavado más allá de las velas del filtro. Se abre una válvula de descarga en la parte inferior de la carcasa de la unidad y las velas se lavan axialmente eliminando las partículas. El agua de lavado con los sedimentos se llevará por la borda (Bondzio, 2016).

El sistema iniciará el lavado a contracorriente también automáticamente en intervalos de tiempo configurables para garantizar que se evite una presión diferencial alta entre la entrada y la salida y la alarma. La caja de control del filtro indicará la presión diferencial en un instrumento digital. El lavado a contracorriente se puede iniciar localmente presionando un botón relacionado en la caja de control. También se proporciona una indicación de alarma y un zumbador de alarma dentro de la caja de control del filtro que estará activo si la presión diferencial excede un umbral ajustable (Bondzio, 2016).

### ***Unidad de Potencia EUT.***

La función de la unidad de potencia del EUT es suministrar voltaje y corriente continua (CC) al ánodo y al cátodo del EUT. La salida de CC se controlará automáticamente desde la unidad de control principal Ocean Guard mediante una conexión de datos en serie en función del caudal, la salinidad y la concentración de

TRO. La polaridad de la salida de CC se cambia automáticamente a intervalos para evitar la degradación de los electrodos del EUT (Bondzio, 2016).

Se compone de un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un semiconductor de potencia trifásico, un puente rectificador de onda completa, un transformador de aislamiento y un circuito de filtrado y suavizado LC discreto en la salida. La magnitud de la corriente CC se mide y se retroalimenta al tablero de control IGBT (Bondzio, 2016).

Las instrucciones son enviadas por la Unidad de Control. El EUT Power puede controlar el funcionamiento de la unidad EUT enviando directamente los parámetros eléctricos relacionados. La salida del EUT Power también se puede controlar manualmente desde el panel. Los parámetros de trabajo se muestran directamente en el panel. Esta potencia tiene excelentes características de salida dinámicas y estáticas. También tiene ventajas que incluyen protección contra sobrecorriente y protección contra sobrevoltaje, etc. Se pueden realizar rápidamente respuestas de protección ante fallas de funcionamiento (Headway Technologies, 2015).

#### ***Unidad de Ultra Tratamiento de Electrocatálisis (EUT).***

El BWMS "Ocean Guard" adopta el Proceso de oxidación por electrocatálisis avanzado (AEOP) para matar microbios, bacterias, virus y óvulos inactivos en el agua mediante el uso de materiales semiconductores especiales bajo excitación electrónica y los radicales de hidroxilo (-OH) formados por moléculas de agua. El radical hidroxilo (-OH) producido en AEOP es una de las sustancias más activas con una oxidabilidad muy fuerte (Headway Technologies, 2015).

Puede tener diferentes tipos de reacciones químicas con casi todas las macromoléculas biológicas, microorganismos y otros contaminantes orgánicos instantáneamente. Además, tiene una velocidad de reacción extremadamente rápida y fuertes afinidades electrónicas de carga negativa. Los productos finales de la reacción son CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y trazas de sal inorgánica sin residuos peligrosos. Por lo tanto, el agua tratada se puede descargar fuera de la borda sin contaminación (Headway Technologies, 2015).

La reacción química que involucra radicales de hidroxilo es una reacción de radicales libres y es extremadamente rápida. Generalmente, la velocidad de reacción con los orgánicos es superior a 10<sup>9</sup> L / (mol.s). Además, la forma y el tiempo de existencia de los radicales de hidroxilo es bastante corto, que es inferior a 10-12 s, por lo que se puede garantizar la alta eficiencia y efectividad del sistema “Ocean Guard” (Headway Technologies, 2015).

La unidad EUT es un elemento básico del sistema “Ocean Guard”. Cada bloque tiene una productividad de 100 a 3000 m<sup>3</sup> / hora. La unidad consta de dos partes: electrocatálisis y unidades ultrasónicas. El bloque de electrocatálisis es capaz de producir una gran cantidad de radicales de hidroxilos y otras sustancias oxidantes altamente activas para la neutralización de todos los organismos en el agua de lastre durante varios nanosegundos. Durante la esterilización con agua, el bloque ultrasónico puede limpiar regularmente la superficie del bloque de electrocatálisis, lo que proporciona una larga eficacia del material electrocatalítico. El proceso de esterilización del agua se lleva a cabo dentro de la unidad EUT (Headway Technologies, 2015).

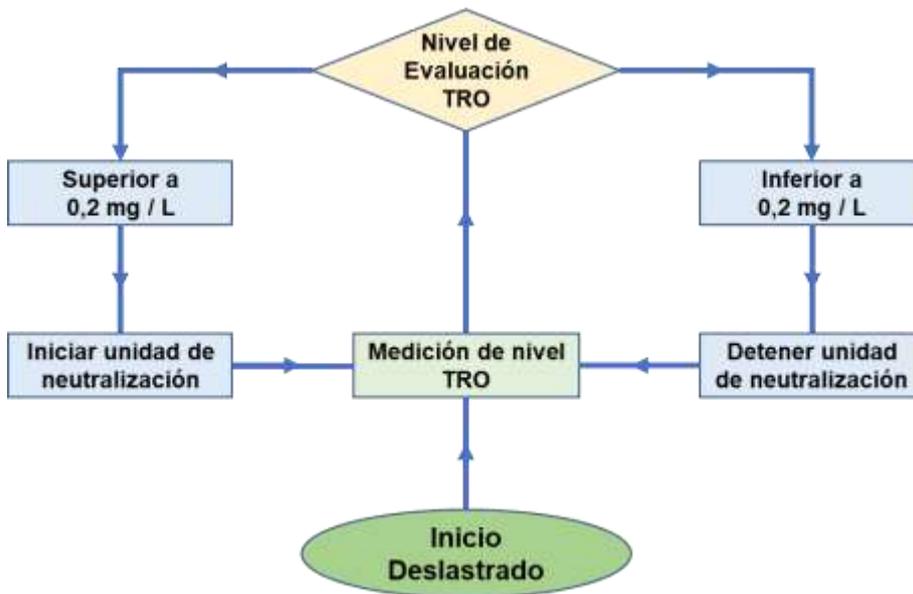
### ***Medidor de Flujo.***

El medidor de flujo magnético se puede utilizar para medir el caudal instantáneo en las tuberías de agua de lastre y medir la cantidad total de agua de lastre y deslastre. Estos son parámetros de entrada importantes de la unidad de control. Después de ser realmente calibrado con agua ordinaria, el medidor de flujo magnético se puede usar para medir el flujo volumétrico de cualquier otro medio fluido conductor, sin ninguna enmienda. Dado que no hay partes removibles o partes resistentes al flujo en la tubería de medición, casi no hay pérdida de presión y la confiabilidad es alta (Headway Technologies, 2015).

Durante la operación, el caudalímetro mantendrá una comunicación funcional con la Unidad de Control (Qingdao Headway Technology, 2010).

### ***Unidad de Neutralización.***

La unidad de neutralización es un equipo opcional del sistema de gestión de agua de lastre "Ocean Guard". Si las mediciones del TRO (oxidante residual total) en el tanque excede 0.2 mg / L cuando el sistema descarga el agua de lastre, la Unidad de Control inicia automáticamente la Unidad de Neutralización y automáticamente agrega cierta cantidad de neutralizador (solución de tiosulfato de sodio) en las tuberías. La unidad de control controla automáticamente la cantidad de neutralizador para mantener el contenido de TRO en el agua del sistema por debajo de 0,2 mg / L. El principio de su funcionamiento se visualiza en la Figura 16.



**Figura 16.** Principio de control de la unidad de neutralización.

Fuente: Headway Technology (2015, p.90).

Bondzio, (2016), señala que los sensores de nivel se instalan en el tanque de agua / tiosulfato de sodio con el fin de lograr una concentración suficiente de tiosulfato de sodio durante la preparación de la solución. Si se presiona el botón "Inicio" en el panel de control de la unidad de neutralización, la válvula de entrada a la unidad se abre y el agua de un tanque técnico de agua dulce del barco fluirá hacia la unidad. Si el tanque se llena a una cierta altura, el sensor de nivel activará una señal acústica y una cantidad de tiosulfato de sodio pentahidrato debe llenarse manualmente en la parte superior de la unidad. Al presionar el botón de inicio nuevamente, se encenderá el motor de engranajes de la licuadora que agitará la solución durante 10 minutos. Cuando se detecta un nivel alto, las válvulas de entrada se cierran.

### 2.2.1.5. Requerimientos técnicos del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”

Las medidas, pesos y consumo energético de los componentes del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” se resumen a continuación en la Tabla 3 conforme las disposiciones emitidas por Headway Technologies (2015):

**Tabla 3.**

*Resumen de dimensiones, peso y consumo energético del sistema de agua de lastre “Ocean Guard”.*

| Componente                        | Medidas (mm) |      |      | Peso Unitario (kg) | Cantidad | Peso Total (Kg) | Consumo Energético (kW) |
|-----------------------------------|--------------|------|------|--------------------|----------|-----------------|-------------------------|
|                                   | L            | W    | H    |                    |          |                 |                         |
| EUT                               | 932          | 623  | 2206 | 910                | 2        | 910X2           | -                       |
| EUT Power                         | 1100         | 750  | 1600 | 220                | 2        | 220X2           | 36.1 X 2                |
| Filtro                            | 1230         | 1500 | 3260 | 2100               | 2        | 2100X2          | 0.6 X 2                 |
| Unidad de Control                 | 835          | 560  | 340  | 30                 | 2        | 30X2            | 0.3 X 2                 |
| Unidad de Distribución de Energía | 900          | 420  | 1720 | 170                | 2        | 170X2           | -                       |
| Medidor de Flujo                  | 450          | 565  | 735  | 70                 | 2        | 70X2            | -                       |
| Unidad de Monitoreo               | 720          | 247  | 940  | 50                 | 2        | 50X2            | 0.4 X 2                 |
| Unidad de Neutralización          | 735          | 620  | 1465 | 250                | 2        | 250X2           | 0.8 X 2                 |
| Bomba de Retrolavado              | 780          | 400  | 1356 | 395                | 2        | 395X2           | 44.4 X 2                |
| Unidad de Control Remoto          | 443          | 380  | 110  | 20                 | 2        | 20X2            | -                       |
| <b>Total</b>                      | -            | -    |      | <b>4265</b>        | -        | <b>4265X2</b>   | <b>80.5X2</b>           |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.7).

De esta manera se puede apreciar que en la instalación del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” en una embarcación, se debe considerar su peso total, el cual de acuerdo a la Tabla 3, al instalar una unidad para el tratamiento del agua de lastre la sumatoria de todos los componentes refiere un

valor de 4,265 Kilogramos, y una exigencia de energía eléctrica de 80.5 kW, valores que al requerir más de un equipo elevaría su cálculo.

- **Requerimientos técnicos e instalación de los componentes del sistema**

A continuación se especifican los requerimientos técnicos y aspectos para la instalación adecuada de los equipos que integran el sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” en una embarcación

***Unidad de Control.***

En la Tabla 4 se evidencian las especificaciones técnicas de la unidad de control del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

**Tabla 4.**

*Especificaciones técnicas de la unidad de control del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| <b>Datos técnicos</b>                   | <b>Especificación</b>    |
|---|--------------------------|
| Modelo:                                 | HMT-CL                   |
| Voltaje de entrada:                     | AC 110V 60Hz             |
| Protocolo de señal de entrada / salida: | RS485/422                |
| Nivel de protección:                    | IP44                     |
| Peso unitario:                          | 30 Kg                    |
| Material de la Carcasa:                 | Aleación de acero (Q195) |
| Consumo energético unitario:            | 0.3 KW                   |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.56).

Aparte de las especificaciones expuestas Bondzio (2016), menciona que el grado de protección IP44 permite su instalación en espacios de maquinaria, siendo la tensión y frecuencia de alimentación 110 / 220VAC 50 / 60Hz, debido a una fuente de alimentación AC/DC de amplio rango.

Un control remoto para la instalación en posiciones de control subsidiarias (control de carga / sala de control de lastre, sala de control de motores) se puede

conectar a la unidad de control principal, con la misma funcionalidad de control y acceso que la unidad de control principal (Bondzio, 2016).

De acuerdo los aspectos básicos de instalación Headway Technologies (2015), menciona que:

- Asegúrese de que la unidad de control esté instalada firmemente en la base; la protección de conexión a tierra de la carcasa de alimentación debe estar conectada a tierra con seguridad.
- No instale el sistema cerca de la superficie exterior del tanque de aceite (recipiente de aceite), tanque de agua (recipiente de agua), doble fondo, etc. (si es necesario, debe dejar 50 mm entre el sistema y ese tipo de superficies de mamparo y agregar tablero de recuperación mejorado. Sin embargo, no se pueden instalar resistor, calentador y otros equipos eléctricos que generen alta temperatura en el proceso de trabajo.
- Evite colisiones en el proceso de transporte y movimiento para evitar la pérdida de elementos eléctricos internos y afectar el funcionamiento normal del sistema.
- Compruebe el botón de parada de emergencia antes de la operación, asegúrese de que el botón no esté funcionando (el botón está en el estado de elevación)

### ***Unidad de Distribución de Energía.***

A continuación se presentan los datos técnicos relacionados a la unidad de distribución de energía del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard".

**Tabla 5.**

*Especificaciones técnicas de la unidad de distribución de energía del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| <b>Datos técnicos</b>                   | <b>Especificación</b>                  |
|---|--|
| Modelo:                                 | HMT- 2000 PDU                          |
| Voltaje de entrada:                     | AC 440V/60Hz 3Ph & AC 220V/60Hz        |
| Sistema de control:                     | Siemens PLC desde la unidad de control |
| Protocolo de señal de entrada / salida: | RS485                                  |
| Nivel de protección:                    | IP44                                   |
| Material de la Carcasa:                 | Aleación de acero (Q195)               |
| Peso unitario:                          | 170 Kg                                 |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.68).

La unidad de distribución de energía es el equipo de control de suministro de energía del sistema “Ocean Guard”. La entrada para la unidad de distribución de energía es AC440V, mientras que la salida es AC 440 V, AC 110 V y DC24V. CA 440 V es para el módulo de electro-catálisis de la unidad EUT, el filtro y la bomba de retrolavado; AC 110 V es para la unidad de control, el módulo de ultrasonido y el medidor TRO (oxidante residual total); DC 24 V es para enfriar la unidad de monitoreo y el medidor de salinidad (Headway Technologies, 2015).

Además de los requerimientos técnicos de este equipo se deben considerar los siguientes aspectos en su instalación, tal como lo señala Headway Technologies (2015):

- Asegúrese de que la fuente de alimentación esté firmemente instalada verticalmente en la base; la protección de conexión a tierra de la carcasa de alimentación debe estar conectada a tierra con seguridad.
- Evite colisiones en el proceso de transporte y movimiento para evitar la pérdida de elementos eléctricos internos y afectar el funcionamiento normal del sistema.

- o La mejor posición de instalación está lejos de los lugares de la fuente de calor y fuertes vibraciones. Reserve 0,5 m de espacio de operación en la parte frontal, 0,3 m en el lado derecho e izquierdo respectivamente.
- o No realice una operación cargada en el proceso de mantenimiento y reparación, adhiera debajo de la etiqueta de seguridad en el circuito de suministro de energía principal y el panel de la caja de energía.

### **Unidad de Control Remoto.**

Los requerimientos técnicos de la unidad de control remoto del sistema de gestión del agua de lastre, se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Especificaciones técnicas de la unidad de control remoto del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard".*

| <b>Datos técnicos</b>                   | <b>Especificación</b>    |
|---|--------------------------|
| Modelo:                                 | HMT-CR                   |
| Protocolo de señal de entrada / salida: | RS485                    |
| Peso unitario:                          | 20Kg                     |
| Nivel de protección:                    | IP44                     |
| Material de la Carcasa:                 | Aleación de acero (Q195) |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.103).

En la instalación de esta unidad según Headway Technologies (2015), se deben considerar los siguientes aspectos:

- o Asegúrese de que los componentes estén instalados firmemente en la base; la protección de conexión a tierra de la carcasa de alimentación debe estar conectada a tierra con seguridad.
- o No instale el sistema cerca de la superficie exterior del tanque de aceite (recipiente de aceite), tanque de agua (recipiente de agua), doble fondo, etc. (si es necesario, se deben dejar 50 mm entre el sistema y este tipo

de superficies de mamparo, y agregar una placa de recuperación mejorada. Sin embargo, no se pueden instalar resistor, calentador y otros equipos eléctricos que generen alta temperatura en el proceso de trabajo).

- o Evite colisiones en el proceso de transporte y movimiento para evitar la pérdida de elementos eléctricos internos y afectar el funcionamiento normal del sistema.
- o Verifique el botón de parada de emergencia antes de la operación, asegúrese de que el botón no esté funcionando (el botón está en el estado de elevación)

### ***Unidad de Monitoreo.***

La unidad de monitorización contempla los siguientes requerimientos técnicos en su instalación, en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

*Especificaciones técnicas de la unidad de monitoreo del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard".*

| <b>Datos técnicos</b>                   | <b>Especificación</b>                  |
|---|--|
| Modelo:                                 | HMT- 500 FM                            |
| Voltaje de entrada:                     | AC 110V/60Hz & DC 24V                  |
| Rango de presión de trabajo:            | $\leq 6 \sim 8$ Bar                    |
| Temperatura máxima de trabajo:          | 60°C                                   |
| Sistema de control:                     | Siemens PLC desde la unidad de control |
| Protocolo de señal de entrada / salida: | RS485                                  |
| Conexión de entrada / salida:           | 15A JIS5K de 8mm                       |
| Entrada:                                | Agua tratada                           |
| Peso unitario:                          | 50 Kg                                  |
| Nivel de Protección:                    | IP44                                   |
| Material de la Carcasa:                 | Aleación de acero (Q195)               |
| Color:                                  | Munsell NO.7.5 BG7/2                   |
| Consumo energético Unitario:            | 0.4 KW                                 |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.84).

De acuerdo a Headway Technologies (2015), en la instalación de la unidad de monitoreo del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”, se deben tomar las siguientes precauciones:

- Asegúrese de que la unidad de monitoreo esté instalada firmemente en el soporte.
- La mejor posición de instalación es lejos de los lugares de la fuente de calor y vibraciones fuertes, reserve un espacio de operación de 0.5 m en la parte frontal.
- La mejor distancia entre el puerto de muestreo y la unidad TRO es 5 m.

Por su parte Bondzio (2016), añade que la tubería de muestreo de la unidad de monitoreo debe ser lo más corta posible a la tubería principal de lastre para tener una respuesta y un tiempo de control satisfactorios.

### ***Bomba de Retrolavado.***

Los datos técnicos de la bomba de retrolavado se especifican en la Tabla 8.

**Tabla 8.**

*Especificaciones técnicas de la bomba de retrolavado del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| <b>Datos técnicos</b>          | <b>Especificación</b> |
|--------------------------------|-----------------------|
| Modelo:                        | NSL200-265B/D02       |
| Voltaje de entrada:            | AC 440V 60Hz 3Phaze   |
| Succión nominal:               | DN200                 |
| Descarga nominal:              | DN200                 |
| Temperatura máxima de trabajo: | 50°C                  |
| Capacidad de trabajo:          | 320 m3/h              |
| Nivel de protección:           | IP55                  |
| Material de revestimiento:     | Bronce                |
| Peso Unitario:                 | 395 Kg                |
| Consumo energético unitario:   | 44.4 KW               |
| Marca / Fabricante:            | DESMI                 |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.98).

Para su instalación Headway Technologies (2015), señala los siguientes aspectos a considerar:

- Asegúrese de que la bomba de retrolavado esté instalada firmemente en el soporte.
- Es mejor hacer que la entrada de la bomba de retrolavado sea más baja que la salida de drenaje del filtro para ayudar a que la retrolavado del filtro sea más eficiente.
- Es mejor instalar la bomba de retrolavado justo después de la salida de retrolavado del filtro.
- Limpie y asegúrese de que la tubería esté libre de óxido, restos de soldadura y otros contaminantes antes de conectar la bomba y la tubería para no dañar el impulsor cuando la bomba esté funcionando.
- Para evitar que los brazos de retrolavado se atasquen y el elemento filtrante se bloquee, el sistema de control está configurado para iniciar el proceso de retrolavado cuando se alcanza un cierto intervalo de tiempo, incluso sin que se alcance la diferencia de presión preestablecida.

### ***Filtro.***

Los principales requerimientos técnicos del Filtro del sistema de agua de lastre “Ocean Guard”, se especifican en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Especificaciones técnicas del filtro del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| <b>Datos técnicos</b>          | <b>Especificación</b>   |
|--------------------------------|---|
| Modelo:                        | HMT- 2000F  |
| Capacidad de tratamiento:      | 2000 m <sup>3</sup> /h X 2 (4000 m <sup>3</sup> /h)             |
| Rango de presión de trabajo:   | 6 bar   |
| Conexión de entrada / salida:  | DN 500 GB2506-89 tipo flange                                    |
| Temperatura máxima de trabajo: | 90°C  |
| Precisión de filtrado:         | 50 µm   |
| Material de la Carcasa:        | Aleación de acero (revestimiento interno a prueba de corrosión) |
| Material del filtro:           | Elemento Super Duplex   |
| Peso unitario:                 | seco: 2100 Kg / humedo: 4000 Kg                                 |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.41).

Además de los requerimientos técnicos expuestos, Bondzio (2016), sostiene que la presión máxima de trabajo se da con 10 bares para filtros con un caudal nominal de hasta 300 m<sup>3</sup>/h y 6 bares para filtros de 500 m<sup>3</sup> /h a 5000 m<sup>3</sup>/h.

Por su parte Headway Technologies (2015), sugiere atender los siguientes aspectos para su instalación:

- El filtro debe instalarse verticalmente.
- Asegúrese de que el filtro esté instalado firmemente en sus soportes.
- Deje algo de espacio de mantenimiento por encima del filtro y equipe el equipo de elevación necesario para mantener el elemento del filtro fácilmente.
- Las tuberías de desagüe entre la salida de retrolavado del filtro y la salida exterior deben evitar los codos y ser lo más simples posible. Además, la entrada de la bomba de retrolavado debe instalarse por debajo de la salida de residuos del filtro.

- o No desmonte ni realice ninguna otra operación eléctrica cuando el filtro esté conectado a la fuente de alimentación.

### **Unidad de Potencia EUT.**

Los requerimientos técnicos de la unidad de potencia EUT del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10.**

*Especificaciones técnicas de la unidad de potencia EUT del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| <b>Datos técnicos</b>                  | <b>Especificación</b>               |
|--|-------------------------------------|
| Modelo:                                | HMT-2000PE                          |
| Voltaje de entrada:                    | CA 440V / 60Hz                      |
| Tensión de salida:                     | 0 ~ 40 V                            |
| Corriente de salida:                   | 0 ~ 3000A                           |
| Salida de señal:                       | RS485                               |
| Tipo de enfriamiento:                  | Refrigeración por agua dulce        |
| Tasa de flujo de agua de enfriamiento: | 2-4m <sup>3</sup> / h               |
| Presión del agua de enfriamiento:      | <6 bar                              |
| Rango de temperatura:                  | ≤ 45 °C                             |
| Protección de ingreso:                 | IP44                                |
| Material de estructura:                | Acero al carbono estructural (Q195) |
| Peso:                                  | 220Kg / juego                       |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.33).

Al respecto Bondzio (2016), señala que la entrada de voltaje de corriente alterna (CA) de la unidad de potencia EUT, es de amplio rango (380 ~ 440 V) y la frecuencia de suministro puede ser de 50 o 60 Hz.

Por su parte Headway Technologies (2015), refiere que en su instalación se deben considerar las siguientes medidas:

- o Asegúrese de que la fuente de alimentación esté firmemente instalada verticalmente en la base; la protección de conexión a tierra de la carcasa de alimentación debe estar conectada a tierra con seguridad.

- La longitud del cable entre la unidad EUT y la fuente de alimentación EUT no debe ser superior a 15 m. El consumo de energía de los cables es de 150 W / 10 m.
- La mejor posición de instalación es lejos de los lugares de la fuente de calor y vibraciones fuertes. Reserve 0,5 m de espacio de operación en la parte frontal, 0,3 m en el lado derecho e izquierdo respectivamente.
- Después de apagar el interruptor de ruptura de aire, todavía existe alto voltaje en la unidad de suministro de energía. Al mantener, revisar o reparar la unidad de suministro de energía, la energía en el condensador del filtro debe liberarse totalmente antes de abrir esta unidad.
- Evite colisiones en el proceso de transporte y movimiento para evitar la pérdida de elementos eléctricos internos y afectar el funcionamiento normal del sistema.
- Coloque la etiqueta de seguridad debajo en el circuito de suministro de energía principal y el panel de la caja de energía.

***Unidad de Ultra Tratamiento de Electrocatálisis (EUT).***

Las especificaciones técnicas requeridas acerca de la Unidad de Tratamiento de Electrocatálisis del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”, se detallan en la Tabla 11.

**Tabla 11.**

*Especificaciones técnicas de EUT del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| <b>Datos técnicos</b>                    | <b>Especificación</b>                               |
|--|---|
| Modelo:                                  | HMT- 2000E  |
| Capacidad de tratamiento:                | 2000 m <sup>3</sup> /h X 2 (4000 m <sup>3</sup> /h) |
| Eficiencia biológica:                    | Cumplimiento con el estándar OMI / IMO D-2.         |
| Rendimiento de operación:                | Valor de $\leq 2$ mg/L                              |
| Fuente de electricidad:                  | AC 440V/60Hz 3Ph                                    |
| Nivel de protección:                     | IP44  |
| Método de operación:                     | Operado por computadora y control remoto            |
| Sistema de control:                      | Siemens PLC desde la unidad de control              |
| Protocolo de señal de entrada / salida:  | RS485   |
| Salinidad (%):                           | >0 (puede ser utilizado en agua fresco)             |
| Caída de presión máxima (Sistema Total): | 0.6 bar   |
| Rango de temperatura del agua:           | 0°C ~ 55°C  |
| Rango de temperatura ambiental:          | -25°C ~ 55°C  |
| Color:                                   | Munsell NO.7.5 BG7/2                                |
| Peso unitario:                           | 910 Kg  |
| Consumo Energético:                      |   |
| Modo Normal:                             | Entre 36.1 y 57.0 KW X                              |
| Modo Flujo de Retorno:                   | Entre 101.4 y 161.0 KW X 2                          |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.25).

Conforme las especificaciones técnicas en el diseño de la Unidad de Ultra Tratamiento de Electrocatálisis del sistema de agua de lastre en estudio, su instalación según lo dispuesto por Headway Technologies (2015), requiere atender los siguientes aspectos:

- De acuerdo a su estructura compacta, de tamaño reducido, su instalación y mantenimiento son sencillos. BWMS se puede instalar en diferentes recipientes con diferentes estructuras internas. Para todos los componentes se utilizan materiales de alta calidad y repuestos con un ciclo de vida prolongado.
- Asegúrese de que la EUT esté instalada firmemente en sus soportes.

- o Se recomienda que la EUT se instale entre el filtro y el medidor de flujo. EL filtro se debe colocar entre la bomba de succión y la EUT, para de esta manera efectuar primero la limpieza física del agua y posteriormente la limpieza electrocatalítica.

### **Medidor de Flujo.**

Los datos técnicos del medidor de flujo del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”, se presentan en la Tabla 12.

**Tabla 12.**

*Especificaciones técnicas del medidor de flujo del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| <b>Datos técnicos</b>                   | <b>Especificación</b>                     |
|---|---|
| Modelo:                                 | HMT- 500 FM                               |
| Voltaje de entrada:                     | DC 24V                                    |
| Presión máxima de trabajo:              | 16 bars                                   |
| Conexión de entrada / salida:           | DN500 GB2506-89 tipo flange               |
| Sistema de control:                     | Siemens PLC desde la unidad de control    |
| Protocolo de señal de entrada / salida: | RS485                                     |
| Rango de tasa de flujo:                 | 0.1-15m/s                                 |
| Nivel de protección:                    | IP44                                      |
| Temperatura máxima de trabajo:          | 55°C                                      |
| Material de electrodo:                  | Aleación de molibdeno (Mo) y titanio (Ti) |
| Peso unitario:                          | 70 Kg                                     |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.78).

Qingdao Headway Technology (2010) señala que la falla de comunicación entre el medidor de flujo y la unidad de control causará la falta de flujo instantáneo y acumulativo y contribuirá al mal funcionamiento del sistema y daños potenciales.

En este sentido, para su buen funcionamiento Headway Technologies (2015), sugiere que:

- o Mantenga el medidor de flujo firmemente fijado a la tubería.

- o Mantenga el medidor en posición horizontal. La tubería recta horizontal antes de la entrada no debe ser inferior a 500 mm.
- o La dirección del monitor superior se puede cambiar según la situación.

### ***Unidad de Neutralización.***

En la Tabla 13 se muestran los datos técnicos de la unidad de neutralización del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

**Tabla 13.**

*Especificaciones técnicas del medidor de flujo del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| <b>Datos técnicos</b>                   | <b>Especificación</b>                  |
|---|--|
| Modelo:                                 | HMT- 300N                              |
| Voltaje de entrada:                     | AC 220V/60Hz                           |
| Sistema de control:                     | Siemens PLC desde la unidad de control |
| Protocolo de señal de entrada / salida: | RS485                                  |
| Temperatura máxima de trabajo:          | 60°C                                   |
| Capacidad de trabajo:                   | 40L/h                                  |
| Neutralizador:                          | Thiosulfato de Sodio                   |
| Capacidad del tanque:                   | 300L                                   |
| Peso unitario:                          | 250 Kg                                 |
| Material de la Carcasa:                 | Aleación de acero (Q195)               |
| Nivel de protección:                    | IP44                                   |
| Consumo energético unitario             | 0.8 KW                                 |

Fuente: Headway Technologies (2015, p.92).

Para la instalación de esta unidad Headway Technologies (2015), recomienda lo siguiente:

- o Asegúrese de que la unidad de neutralización esté instalada firmemente en el soporte.

- Evite colisiones en el proceso de transporte y movimiento para evitar la pérdida de elementos eléctricos internos y el efecto del funcionamiento normal del sistema.
- Asegúrese de que el lugar de instalación de la unidad de neutralización y la ubicación del puerto de inyección se fijen estrictamente de acuerdo con el dibujo proporcionado por el fabricante.

### **2.2.3. Prevención de la contaminación marina**

La eficiencia en las operaciones de agua de lastre se refiere a la efectividad de la prevención en la contaminación del ecosistema marino, a través de la eliminación de los riesgos asociados de los contaminantes (tratamiento del agua de lastre a bordo), seguridad de las operaciones en altamar mediante la inspección (intercambio de agua de lastre durante la navegación) y el cumplimiento de las regulaciones nacionales e internacionales.

La contaminación marina presenta muchas definiciones en la literatura, ya que engloba todos los aspectos o medios que afectan su hábitat, bajo este escenario, se puede definir como la manera, bien sea directa o indirecta, de cualquier sustancia nociva, seres vivos, microbios que ocasionan perjuicios al ecosistema marino, afectando a los recursos vivos, e incluso poner en peligro a los humanos, en especial su salud, reducir el valor recreativo, la calidad del agua, y alterar las actividades marinas. En cuanto a la prevención de la contaminación marina, tiene como fin el controlar, advertir, y en todo caso comprende un conjunto de medidas para mitigar la contaminación del ecosistema marino, estableciendo las políticas y acciones para reducir su impacto, además, comprende todas aquellas

medidas correctivas, tomando en cuenta las características particulares de las áreas; así como los agentes contaminantes (Martin, 2017).

Álvarez (2014) señala que para tener una idea clara de prevención de la contaminación marina, es necesario esclarecer una serie de principios fundamentales:

- Es mejor una buena prevención que un buen control. Resulta más rentable evitar la entrada de dichas especies que erradicarlas una vez establecidas en el medio.
- Las introducciones intencionales deberían permitirse solamente si son autorizadas por una autoridad reguladora apropiada que analice los posibles riesgos ante la introducción.
- Las introducciones no intencionales y no autorizadas deben minimizarse al máximo, aplicando las medidas oportunas.
- Inicialmente se debe considerar toda especie exótica como potencialmente invasora hasta que se demuestre que no presenta una amenaza.
- El movimiento intencional y no intencional de las especies invasoras debería ser controlado entre países, facilitando información y trabajando de forma conjunta.
- El concepto “riesgo cero” no es posible. No podemos paralizar el transporte, así que los países deberán minimizar el riesgo al máximo.
- Ninguna especie invasora debe introducirse dentro de áreas protegidas o vulnerables.
- Se ha de tener claro que todos los países costeros son una fuente potencial y a la vez posibles receptores de estas especies foráneas, entonces se debería cooperar para controlar el movimiento de ellas.
- Se debe informar para que la sociedad conozca las amenazas que presentan las especies invasoras, y así tomar parte de la solución.
- Las estrategias de prevención deberían estar apoyadas por una legislación apropiada, política y recursos, incluyendo gente, infraestructura y fondos.

Se dice que la gestión de residuos a bordo de la embarcación es técnicamente un trabajo de tiempo completo para la tripulación del barco. Los desechos producidos por algunos tipos de barcos pueden llegar a miles de toneladas diariamente. Estos desechos se pueden dividir en desechos generados operacionalmente, como desechos de petróleo, contaminación del aire, residuos de carga, etc. y desechos generados por el hombre, como basura y aguas residuales (Wankhede, 2019b).

Los desechos de aguas residuales producidos por un barco dependen del número de tripulantes y del tipo de barco. Un gran crucero puede producir alrededor de 170.000 galones de aguas residuales por día. En promedio, se producen entre 0,01 y 0,06 m<sup>3</sup> de aguas residuales por persona en un día (Wankhede, 2019b).

Para prevenir invasiones de agentes contaminantes en estas aguas, la comunidad científica ha trabajado intensamente para implementar normativas entre diferentes puertos para minimizar los riesgos, reduciendo así sus posibles consecuencias, especialmente aquellas que son nocivas para la salud humana, los recursos pesqueros y el medio ambiente. Hoy en día se han propuesto muchas formas de métodos de tratamiento del agua de lastre en el mundo, como el intercambio de agua de lastre, que se lleva a cabo intercambiando del 95% al 100% del agua original en el océano. Al estar a bordo, el tratamiento de temperatura, filtración para separar tratamientos biológicos y químicos de diferentes tamaños (Arias, 2014).

Las Naciones Unidas reconocen la propagación de especies acuáticas invasoras como una de las cuatro mayores amenazas para los océanos del mundo. La primera introducción documentada de una especie marina invasora en un

ambiente no nativo ocurrió en 1903. Sin embargo, no fue hasta la década de 1970 que el tema ganó una amplia atención dentro del mundo.

#### **2.2.2.2. Dimensión Riesgos asociados a las descargas de agua de lastre**

Los estudios realizados en algunos países han demostrado que incluso después de meses de navegación, muchos tipos de bacterias, plantas y animales pueden sobrevivir en el agua de lastre y los sedimentos de los barcos. El agua de lastre dañada no solo está reconocida por la Organización Marítima Internacional, sino también por la Organización Mundial de la Salud, el cual trata el agua de lastre como un medio para propagar bacterias causantes de epidemias (Tamelander et al., 2010).

Se conoce que el transporte marítimo es uno de los motivos que desencadenan las invasiones marinas por especies foráneas, es entonces este sector el primer eslabón de la cadena, el que tiene la responsabilidad y la obligación de evitar todo tipo de contaminación, el que deberá tomar todas las medidas que estén a su alcance para minimizar las invasiones al máximo. La prevención a la introducción de invasores potenciales es la más importante y más rentable desde el punto de vista de los costos al medio ambiente y costos financieros (Álvarez, 2014).

Actualmente, la aplicación de métodos y procedimientos de gestión del agua de lastre es la clave para encontrar soluciones que minimicen los organismos acuáticos nocivos y los patógenos. La descarga de agua de lastre de los buques en instalaciones receptoras y/o procesadoras puede constituir un medio de control aceptable, aunque dada la gran cantidad de tráfico marítimo en circulación en la

actualidad, el tiempo de espera es inevitable, lo que generará costos para los clientes y los Barcos (Tamelander et al., 2010).

Katsanevakis, Wallentinus, Zenetos & Leppäkoski, (2014) señalan que, durante el siglo pasado, el impacto de las especies exóticas invasoras ha sido particularmente alto, y predijo que el impacto de las especies exóticas invasoras en las próximas décadas aumentará en intensidad, especialmente en aguas continentales y costeras. áreas. Las especies exóticas invasoras se reconocen ahora como una de las principales causas directas de la pérdida de biodiversidad y de los cambios en el funcionamiento de los ecosistemas, así como en los servicios de aprovisionamiento y apoyo.

De acuerdo a Tamelander et al. (2014), los principales obstáculos para minimizar los riesgos asociados para abordar las especies exóticas invasoras (EEI), son las siguientes:

- Marcos normativos y jurídicos inadecuados a nivel nacional, regional y mundial. Si bien las tendencias actuales en el desarrollo de políticas y la promulgación de leyes a nivel nacional e internacional son buenas, queda mucho por hacer para incluir un mayor desarrollo de marcos estratégicos que incorporen todos los aspectos de las EEI, así como la transversalización a nivel nacional.
- Limitaciones en la implementación y cumplimiento de las políticas y leyes existentes para reducir las EEI. La efectividad de la implementación de muchos acuerdos internacionales varía y las políticas nacionales no siempre se cumplen plenamente.
- Insuficiente coordinación institucional a nivel nacional, regional e internacional. Las EEI son un problema con dimensiones nacionales, regionales y globales y la prevención y el manejo necesitan enfoques coherentes.

- Falta de comprensión de la gravedad de la amenaza que plantean las EEI tanto a nivel político como técnico, que es en parte causante de deficiencias normativas y legales.
- Insuficiente capacidad humana, técnica, institucional y logística para abordar las EEI.
- Conocimiento público limitado de las EEI, sus amenazas y su impacto potencial.
- Apoyo financiero insuficiente a los programas que abordan las EEI, ya sea a través del desarrollo de políticas, el apoyo a la aplicación y el fomento del cumplimiento, o la creación de capacidad y conciencia.

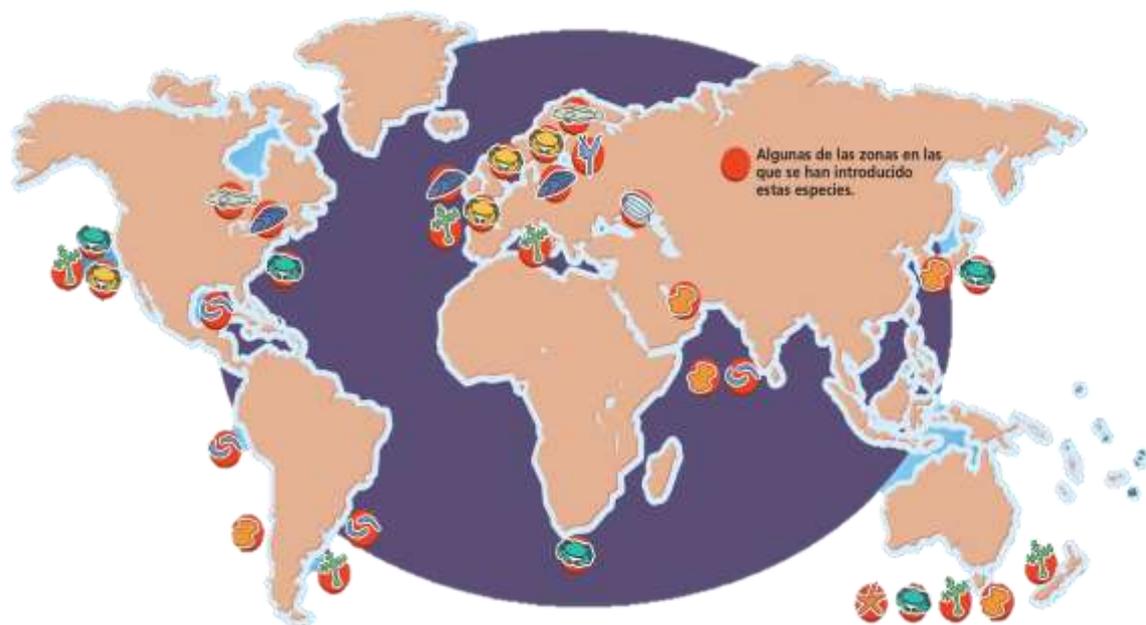
La propagación de las especies exóticas invasoras es un fenómeno global y la escala de los impactos puede variar de local a transfronterizo o global. Por lo tanto, la cuestión debe abordarse a través de una multitud de enfoques, que requieren una acción específica y dirigida a nivel nacional que sea coherente y coordinada a nivel regional y mundial. Sin embargo, está claro que los avances en el tratamiento de las especies exóticas invasoras en el medio ambiente marino y acuático varían mucho entre países. Aunque existe una tendencia general hacia mejores marcos regulatorios y de implementación para la prevención, el control y la mitigación de los impactos de las especies exóticas invasoras, tanto a nivel nacional como internacional, queda mucho por hacer (Tamelander et al., 2014).

Para una buena prevención es necesario conocer las especies más dañinas. A pesar de que se esté trabajando con una simple lista que recoge las especies potencialmente invasoras, y que a consecuencia de ello son altamente peligrosas, se conoce que, con tal de facilitar la evaluación de introducciones intencionales, en muchos países se aplica un sistema de tres listas. Este sistema resulta muy familiar ya que tiene una clara similitud con la clasificación de los buques según su peligrosidad: lista negra, lista gris y lista blanca (Basurto, 2017).

Tamelander et al. (2014) señalan que los hábitats con condiciones similares en diferentes partes del mundo pueden estar poblados por especies de animales, algas y microorganismos muy diferentes. Por ejemplo, aunque los regímenes de profundidad, salinidad y temperatura en el sureste de Australia pueden ser similares a los de la costa este de los EE. UU, su biota nativa comparte muy pocas especies, si es que las hay. Esta diferencia se debe a la presencia de "barreras ecológicas", que incluyen, por ejemplo, masas de tierra, grandes masas de agua de diferente temperatura o salinidad y corrientes oceánicas. La presencia de tales barreras ha permitido que las áreas evolucionen aisladas unas de otras, dando lugar a diferentes ecosistemas y diferentes especies. Si bien las especies tienden naturalmente a extenderse, este es un proceso lento en gran parte debido a las barreras presentes. Sin embargo, las actividades humanas, en particular el transporte y la navegación, rompen cada vez más las barreras ecológicas. Los organismos se transportan mucho más allá de su rango normal y hacia nuevas áreas, donde pueden encontrar condiciones ambientales adecuadas y establecerse. Los crecientes volúmenes de transporte, así como la velocidad cada vez mayor, aumentan el riesgo de que las especies se trasladen, así como el riesgo de que sobrevivan.

Otros procesos también contribuyen a reducir las barreras, como, por ejemplo, las condiciones ambientales cambiantes como resultado del cambio climático, incluido el calentamiento y las corrientes cambiantes, pueden aumentar el transporte de especies de un área a otra y aumentar la probabilidad de supervivencia. Además, los ecosistemas perturbados que no están en equilibrio como resultado de la degradación o la sobreexplotación pueden ser más susceptibles a las bioinvasiones (Tamelander et al., 2014).

De acuerdo al Programa Mundial de Gestión del Agua de Lastre (s.f), las plantas, animales y microbios marinos se desplazan por todo el planeta, adheridos al casco de los buques y en el agua de lastre. Tal como se detalla su propagación a nivel mundial en la Figura 17 y describe en la Tabla 14.



**Figura 17.** Zonas a nivel mundial donde se han introducido algunas especies invasoras.

Fuente: Programa Mundial de Gestión del Agua de Lastre (s.f, p.1)

Estas especies invasoras son introducidas en un nuevo medio, logrando convertirse en invasores, causando trastornos graves en los ecosistemas y la economía local. Los agentes patógenos introducidos pueden causar enfermedades, y la muerte, en seres humanos. En este sentido en la Tabla 14 se destacan las principales diez especies invasoras (Programa Mundial de Gestión del Agua de Lastre, s.f).

**Tabla 14.**

*Diez principales especies invasoras a causa del agua de lastre.*

| Especie   | Descripción   |
|---|---|
| <p><b>Ctenóforo americano</b><br/><i>Mnemiopsis leidyi</i></p>                   | <p><b>Origen:</b> Costa oriental del continente americano<br/><b>Introducción:</b> Mar Negro, mar de Azov y mar Caspio.<br/><b>Efectos:</b> Se reproduce rápidamente (hermafrodita autofertilizante) en condiciones favorables. Se alimenta con una voracidad excesiva de zooplancton, cuyas existencias agota, alterando la red trófica y el funcionamiento del ecosistema. Contribuyó considerablemente al hundimiento de las pesquerías del mar Negro y el mar de Azov en la década de 1990, con enormes repercusiones socioeconómicas. Actualmente amenaza con unos efectos similares en el mar Caspio.</p>    |
| <p><b>Estrella de mar del Pacífico norte</b><br/><i>Asterias amurensis</i></p>  | <p><b>Origen:</b> Pacífico septentrional.<br/><b>Introducción:</b> Australia meridional.<br/><b>Efectos:</b> Se reproduce en cantidades ingentes, alcanzando rápidamente las proporciones de "plaga" en las zonas invadidas. Se alimenta de mariscos, incluidas diversas especies de interés comercial, como las vieiras, ostras y almejas</p>   |
| <p><b>Mejillón zebra</b><br/><i>Dreissena polymorpha</i></p>                   | <p><b>Origen:</b> Europa oriental (mar Negro).<br/><b>Introducción:</b> Europa occidental y septentrional, incluidos Irlanda y el mar Báltico; mitad oriental de Norteamérica.<br/><b>Efectos:</b> Invade todas las superficies duras disponibles incrustándose en ellas en cantidades ingentes. Desplaza la vida acuática autóctona. Altera el hábitat, el ecosistema y la red trófica. Causa graves problemas de contaminación en infraestructura y buques. Bloquea las tuberías de captación de agua, esclusas y acequias. Sólo en los Estados Unidos de América entre 1989 y 2000 causó daños económicos del orden de 750 a 1000 millones de dólares de los Estados Unidos.</p>  |
| <p><b>Abeto marino</b><br/><i>Undaria pinnatifida</i></p>                      | <p><b>Origen:</b> Asia septentrional.<br/><b>Introducido en:</b> Australia meridional, Nueva Zelanda, costa occidental de los Estados Unidos, Europa y Argentina.<br/><b>Efectos:</b> Crece y se extiende rápidamente, tanto por reproducción vegetativa como mediante dispersión de esporas. Desplaza a las algas y a la vida marina autóctonas. Altera el hábitat, el ecosistema y la red trófica. Puede afectar a las poblaciones de mariscos de interés comercial al competir por el espacio y alterar el hábitat.</p>   |
| <p><b>Cangrejo verde europeo</b><br/><i>Carcinus maenas</i></p>                | <p><b>Origen:</b> Litoral atlántico europeo.<br/><b>Introducción:</b> Australia meridional, Sudáfrica, Estados Unidos y Japón.<br/><b>Efectos:</b> Gran capacidad de adaptación e invasión. Resistente a los predadores debido a su duro caparazón. Compite con los cangrejos autóctonos, a los que desplaza, convirtiéndose en la especie dominante en las zonas invadidas. Consume y agota una amplia gama de especies de las que es predador. Altera el ecosistema costero rocoso intermareal.</p>    |

| Especie   | Descripción   |
|---|---|
| <p><b>Gobio redondo</b><br/><i>Neogobius melanostomus</i></p>                        | <p><b>Origen:</b> Mar Negro, mar de Azov y mar Caspio. </p> <p><b>Introducción:</b> Mar Báltico y Norteamérica.</p> <p><b>Efectos:</b> Gran capacidad de adaptación e invasión. Se multiplica y se extiende con rapidez. Compete por alimentos y hábitat con los peces autóctonos, incluidas las especies de importancia comercial, alimentándose de sus huevos y alevines. Tiene múltiples desoves por temporada y sobrevive en agua de mala calidad.</p>   |
| <p><b>Algas tóxicas (rojas, pardas, marea verde)</b><br/><i>Varias especies</i></p>  | <p><b>Origen:</b> Varias especies con una distribución muy amplia. </p> <p><b>Introducción:</b> Varias especies se han desplazado a nuevas zonas en el agua de lastre de los buques.</p> <p><b>Efectos:</b> Pueden producir floraciones de algas nocivas. Según la especie, pueden causar destrucción masiva de la vida marina mediante agotamiento del oxígeno y liberación de toxinas y/o mucosidad. Contaminación de playas, afectando al turismo y a las actividades recreativas. Algunas especies pueden contaminar mariscos que se alimentan por filtración y provocar el cierre de pesquerías. El consumo humano de marisco contaminado puede causar enfermedades graves e incluso la muerte.</p> |
| <p><b>Cangrejo chino</b><br/><i>Eiocheir sinensis</i></p>                          | <p><b>Origen:</b> Asia septentrional. </p> <p><b>Introducción:</b> Europa occidental, mar Báltico y costa occidental de Norteamérica.</p> <p><b>Efectos:</b> Emprende migraciones masivas para la reproducción. Penetra horadando en las orillas de los ríos y en los diques causando erosión y embanque. Ataca a peces e invertebrados, llegando a extinguir especies autóctonas durante los brotes de población. Entorpece con las actividades pesqueras.</p>   |
| <p><b>Pulga espinosa de anzuelo</b><br/><i>Cercopagis pengoi</i></p>               | <p><b>Origen:</b> Mar Negro y mar Caspio. </p> <p><b>Introducción:</b> Mar Báltico.</p> <p><b>Efectos:</b> Se reproduce formando poblaciones muy extensas que dominan el zooplancton y obstruyen las redes de pesca, con los consiguientes efectos económicos.</p>   |
| <p><b>Cólera</b><br/><i>Vibrio cholerae (varias cepas)</i></p>                     | <p><b>Origen:</b> Varias cepas con una distribución muy amplia. </p> <p><b>Introducción:</b> Sudamérica, golfo de México y otras zonas.</p> <p><b>Efectos:</b> Algunas epidemias de cólera parecen estar directamente asociadas al agua de lastre. Un ejemplo es la epidemia que se declaró simultáneamente en tres puertos del Perú en 1991, se extendió por toda Sudamérica afectando a más de un millón de personas y en 1994 se había cobrado ya más de 10 000 vidas. Esta cepa sólo se había detectado anteriormente en Bangladesh.</p>   |

Fuente: Programa Mundial de Gestión del Agua de Lastre, OMI (s.f, p.1)

### **2.2.2.3. Dimensión Rol de Inspección**

Los buques mercantes que realicen el intercambio o cambio de agua de lastre de los buques deberán cumplir con las normas y procedimientos estipuladas sobre los registros pertinentes en el lastre y deslastre, a manera de conllevar las inspecciones necesarias para prevenir la contaminación marítima en el traslado de especies invasoras.

En esta línea la resolución del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) 124(53) ofrece algunas recomendaciones, tales como considerar:

- Número, disposición y capacidad de los respiraderos y dispositivos de rebose de los tanques.
- Prevención de un exceso o deficiencia de presión en los tanques de lastre.
- Propuesta de recomendaciones sobre el Plan de Gestión del Agua de Lastre.
- Formación y familiarización de los oficiales y tripulación encargados del cambio del agua de lastre en el mar, respecto a: los medios de bombeo, tuberías, ubicación de los conductores de aireación y tubos de sonda, conductos de aspiración de los tanques, tuberías de comunicación con las bombas de lastre y aberturas de descarga del agua desde la parte alta del tanque, etc.

Por su parte las Autoridades Gubernamentales Rectoras de Puertos (PSC), deben hacer velar las directrices descritas en la guía de inspección para verificar el cumplimiento de la Convención BWM de la OMI. Las pautas recomiendan cuatro etapas de inspección (OMI, 2017):

1. *Inspección inicial:* La inspección inicial se centra en la documentación del buque, incluidos un plan de gestión del agua de lastre y sedimentos, un libro de registro de descargas de agua de lastre y certificado de gestión del agua de lastre otorgado por la Convención BWM de la OMI / IMO. También implica una verificación visual del estado general del sistema de tratamiento del agua de lastre del barco y la confirmación de que el oficial responsable del sistema está adecuadamente capacitado en su operación.
2. *Inspección detallada:* Las pautas de inspección más detalladas del PSC identifican cuándo existen “motivos claros” para realizar una inspección más detallada. Esto incluye verificar el funcionamiento del sistema de tratamiento de agua de lastre y sus indicadores de autocontrol para garantizar que el sistema ha sido operado de acuerdo con el plan de manejo.
3. *Muestreo:* El muestreo implica una medición y análisis de parámetros que no son factores directos para el cumplimiento de D-2, pero que indican si un sistema de tratamiento de agua de lastre se está desempeñando de acuerdo con la norma D-2. Estos parámetros pueden incluir niveles de oxígeno disuelto y cloro residual. Si los resultados del muestreo superan los criterios específicos del método de análisis que se está utilizando, el funcionario del PSC puede pasar a la Etapa 4.
4. *Análisis detallado:* Si es necesario, se puede tomar una muestra de la descarga de agua de lastre. Se utiliza para verificar el cumplimiento de la norma D-2. Este análisis llevará varios días. El funcionario de la PCS

no debería retrasar el movimiento, la operación o la salida del barco mientras espera los resultados.

Las directrices de la PSC también abordan el control de los buques debido a infracciones en los resultados del muestreo, incluida la detención y detener las descargas (IMO, 2018).

En este sentido es necesario el registro de lastre y deslastre, para llevar un control de su tratamiento, al respecto cabe destacar que las principales investigaciones acerca de la verificación del cumplimiento del recambio del agua de lastre han sido realizadas por el Laboratorio de Investigación de Invasiones Marinas del Centro Smithsoniano de Investigación Ambiental (SERC, 2018), siendo la materia orgánica cromofórica disuelta (CDOM) el parámetro que mejor se ajusta a esta propuesta. Al respecto, Murphy et al. (2013) señalan que la medición de CDOM es un buen indicador del recambio de agua de lastre, pudiéndose relacionar directamente con la salinidad. Los niveles de CDOM son menores en aguas oceánicas ( $> 100$  nmi =  $< 0,6$  QSE), respecto a aguas costeras ( $< 0,2$  nmi =  $> 0,8$  QSE), esta diferencia permitiría verificar la ocurrencia del recambio de agua de lastre, mediante un muestreo.

Baro y Stotz (2018) recomiendan combinar la revisión del registro de lastre y deslastre con una evaluación de riesgo, siguiendo los siguientes 4 pasos:

- 1. Revisar la Conformidad con el Reporte de Agua de Lastre.** El potencial riesgo que está asociada a la descarga de agua de lastre es diferente en cada buque que arriba a un puerto receptor, ya que está sujeto a la variación de los factores de riesgo asociados al agua de lastre, por lo tanto, se propone la implementación del siguiente plan de Gestión

de agua de lastre por parte de los buques que arriben a Puerto (Baro y Stotz, 2018):

- Cuando el buque arriba al puerto debe traer consigo un Libro de Agua de Lastre y un Reporte de Agua de Lastre (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El Reporte de Agua de Lastre debe ser llenado y firmado por el capitán del buque y se debe verificar.
- Si la información contenida en estos documentos es inexistente, poco clara o no conforme, el buque no podrá realizar la operación de deslastre y deberá volver a aguas oceánicas a realizar la operación de recambio.
- Si la información contenida en estos documentos es clara o conforme, se verifica si el Reporte de Agua de Lastre señala que se efectuó el Recambio de Agua de Lastre (BWE).
- Si esto no está señalado, se verificará si se señala haber efectuado algún tratamiento biocida a bordo. Si no existe recambio de agua de lastre, ni tratamiento de esta, el buque no puede deslastre y deberá volver a aguas oceánicas a realizar la operación de recambio.
- Si el Reporte de Agua de Lastre indica que se efectuó el recambio de agua de lastre y/o un tratamiento biocida a bordo, se debe continuar con la siguiente etapa del plan de gestión.

**2. Primera Etapa de Evaluación de Riesgo.** Verificar las zonas de procedencia del agua de lastre (Baro y Stotz, 2018):

- Se solicitará al capitán del buque el documento *“Port of Call List”*, donde se identifica el último puerto donde el buque realizó maniobras de descarga de material, ya que en este puerto el buque debió obligatoriamente cargar agua de lastre. Como medida precautoria se asume como procedencia del agua de lastre al puerto donador previo a la etapa de recambio de agua

de lastre. La información de este documento debe también señalar las fechas de carga y descarga de material, información necesaria para determinar el tiempo de viaje o de confinamiento del agua de lastre.

- o Si la información del “Port of Call List” señala que el último puerto de descarga de material está fuera de los sectores costeros definidos previamente como Zonas Potencialmente Peligrosa (ZPP), el buque puede deslastrear. Este buque puede también pasar a un sistema de muestreo al azar, que se puede realizar en forma paralela al deslastre, donde se medirá el contenido de sustancias contaminantes (por ej. sustancias oleosas) en el agua de lastre. Los resultados de este muestreo serán contrastados con la normativa nacional vigente y serán informados a la empresa portuaria.
- o Si la información del “Port of Call List” señala que el último puerto de descarga de material está en algún sector costero señalado como una ZPP se continúa con la segunda evaluación de riesgo del plan de gestión.

OMB Control Number 1625-0069  
Exp. Date: 31-Aug-2018

### BALLAST WATER REPORTING FORM

IS THIS AN AMENDED BALLAST REPORTING FORM? YES  NO

| 1. VESSEL INFORMATION |                         | 2. VOYAGE INFORMATION                             |                              | 3. BALLAST WATER USAGE AND CAPACITY |                            |
|-----------------------|-------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Vessel Name           | Arrival Port            | Specify Units Below (m <sup>3</sup> , MT, LT, ST) |                              |                                     |                            |
| IMO Number            | Arrival Date (DDMMYYYY) | Total Ballast Water on Board                      |                              | Volume                              | No. of Tanks in Ballast    |
| Owner                 | Agent                   |   |                              | Units                               |                            |
| Type                  | Last Port               | Country of Last Port                              |                              |                                     |                            |
| GT                    |                         |   | Total Ballast Water Capacity |                                     |                            |
| Call Sign             | Next Port               | Country of Next Port                              | Volume                       | Units                               | Total No. of Tanks on Ship |
| Flag                  |                         |   |                              |                                     |                            |

4. BALLAST WATER MANAGEMENT Total No. Ballast Water Tanks to be discharged:

Of tanks to be discharged, how many: Underwent Exchange:  Underwent Alternative Management:

Please specify alternative method(s) used, if any:

If no ballast treatment conducted, state reason why not:

Ballast management plan on board? YES  NO  Management plan implemented? YES  NO

IMO ballast water guidelines on board [res. A.808(20)]? YES  NO

5. BALLAST WATER HISTORY: Record all tanks to be deballasted in port state of arrival. IF NONE, GO TO #6 (Use additional sheets as needed)

| Tanks/<br>Holds<br>(do not include<br>sewer/holds<br>separately) | BW SOURCE          |                       |                   |                | BW MANAGEMENT PRACTICES |                        |                   |           | BW DISCHARGE          |                   |                    |                       |                   |                   |
|--|--------------------|-----------------------|-------------------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------|-----------|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
|  | DATE<br>(DDMMYYYY) | PORT or<br>LAT. LONG. | VOLUME<br>(units) | TEMP<br>(temp) | DATE<br>(DDMMYYYY)      | ENDPOINT<br>LAT. LONG. | VOLUME<br>(units) | %<br>Exch | METHOD<br>(SHEFT/SLD) | SEA<br>HT.<br>(m) | DATE<br>(DDMMYYYY) | PORT or<br>LAT. LONG. | VOLUME<br>(units) | SALINITY<br>(ppt) |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |
|  |                    |                       | m <sup>3</sup>    | °C             |                         |                        | m <sup>3</sup>    |           | EXCH                  |                   |                    |                       | m <sup>3</sup>    | 000               |

Ballast Water Tank Codes: Forepeak = FP, Aftpeak = AP, Double Bottom = DB, Wing = WT, Topside = TS, Cargo Hold = CH, Other = O

6. RESPONSIBLE OFFICER'S NAME AND TITLE, PRINTED AND SIGNATURE:

Released 12-Aug-2010 Send form by e-mail OR Submit form on-line NBICReportingForm\_old.pdf

**Figura 18.** Formato de Reporte de Agua de Lastre.

Fuente: García (2018, p.45).

**3. Segunda Etapa de Evaluación de Riesgo.** Cuantificar el riesgo asociado al deslastre (Baro y Stotz, 2018):

- Con la información del Reporte de Agua de Lastre el “*Port of Call List*”, se debe calcular los Coeficientes de Riesgo Primario C1 y C2, y se debe determinar la magnitud de los Factores de Reducción de Riesgo R1 y R2.
- Una vez conocida la magnitud de cada Coeficiente de Riesgo Primario y de cada Factor de Reducción de Riesgo, se reemplazarán los valores en la fórmula de Coeficiente de Riesgo Global (CRG), que será multiplicado por 100 para obtener un Porcentaje de Riesgo (%R) que se asociará la descarga de agua de lastre.
- Si  $\%R \leq 16\%$ , el riesgo es poco probable y el buque puede deslastre. Si  $\%R > 16\%$ , la ocurrencia de riesgo comienza a ser probable, por lo que se debe continuar con la siguiente etapa de evaluación de riesgo.

**4. Tercera Etapa de Evaluación de Riesgo.** Efectuar el chequeo del recambio de agua de lastre (Baro y Stotz, 2018):

- Una vez que se determina que la descarga de agua de lastre representa un riesgo para el puerto receptor, se deberá realizar un muestreo para verificar que se haya efectuado el del agua de lastre en aguas oceánicas. Esto se llevará a cabo siguiendo las Directrices Para el Muestreo de Aguas de Lastre (D2) de la Resolución MECP 173(58) / 2008(9). Se utilizará un fluorómetro portátil para medir la cantidad de Materia Orgánica Cromofórica Disuelta (CDOM).
- Si el resultado de la medición es  $< 0,8$  QSE, indica que el agua de lastre tiene características oceánicas, lo que implica que se

efectuó el recambio de agua de lastre, dando cumplimiento a la regla B-4 de la directriz internacional.

- o Si el resultado de la medición es  $> 0,8$  QSE, indica que el agua de lastre tiene características portuarias o cercanas a un puerto, lo que implica que no se efectuó el recambio de agua de lastre, por lo que el buque debería realizar el tratamiento que especifica la Circular A-51 / 002(1). Esto significa que se deben aplicar 11 g de hipoclorito de sodio en polvo o 14 g de hipoclorito de calcio en polvo por tonelada de agua de lastre a cada tanque que deslastrará. Este proceso debe ser realizado a lo menos 4 horas antes de iniciar el deslastrado.
- o Si el buque realiza el tratamiento puede deslastrar. Si el buque no realiza el tratamiento debe regresar a aguas oceánicas a realizar la maniobra de recambio de agua lastre.
- o Los resultados de esta medición serán comunicados a la empresa portuaria mediante un informe escrito. Si existiesen dudas respecto a los resultados, estos podrán ser corroborados (de ser posible) tomando muestras de agua desde estanques en los que no se haya efectuado el recambio de agua de lastre. En los que se deberían detectar niveles de CDOM  $> 0,8$  QSE. Si los niveles detectados no son los esperados se deberá repetir la Tercera Etapa de Evaluación de Riesgo.

Otra forma de inspección recae en los reconocimientos y certificaciones, en este particular se señala la existencia de varios tipos de reconocimientos y certificaciones relacionados con los sistemas de gestión de agua de lastre (BWMS), algunos relacionados con reconocimiento por innovación y otros relacionados con habilitación para deslastrar en aguas internacionales y en zonas costeras. La Organización Marítima Internacional (OMI / IMO) es el organismo que certifica los sistemas de gestión de agua de lastre (BWMS) que están montados en los buques, para que puedan realizar las operaciones de deslastre nivel internacional, mientras

que la Guardia Costera de los EEUU (USCG) es el organismo que efectúa las certificaciones para que los buques puedan realizar sus operaciones de deslastre en las zonas costeras de los EEUU.

Cabe destacar que en octubre de 2011, el sistema “Ocean Guard” ganó el Premio de Oro a los productos con innovación científica y tecnológica. Y en noviembre de 2011, el sistema “Ocean Guard” obtuvo un certificado de homologación internacional, emitido por Det Norske Veritas (Romero, 2013).

Según Norton MIT (2019), el sistema “Ocean Guard” ya ha obtenido las aprobaciones de sociedades de clasificación como la OMI / IMO, LP, ABS, BV, CCS, DNV, NK, RINA, RS y obtuvo el certificado del Sistema de Gestión Alternativo (AMS) emitido por la Guardia Costera de los EEUU (USCG). Tal como se muestran en las siguientes figuras:



**Figura 19.** Certificaciones del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”

Fuente: Norton MIT (2019, p.2).

#### 2.2.2.4. Dimensión Regulaciones

A continuación, se describen los siguientes aspectos acerca de las regulaciones:

##### a) Entes reguladores internacionales:

- **La Organización Marítima Internacional (OMI / IMO).** La Organización Marítima Internacional (OMI / IMO, por sus siglas en Inglés) es la autoridad mundial encargada de establecer normas

para la seguridad, la protección y el comportamiento ambiental que ha de observarse en el transporte marítimo internacional. Se realizó la Conferencia Marítima de las Naciones Unidas en Ginebra en 1948 y reflejaba el deseo de las naciones marítimas de que se consolidaran las diversas formas de cooperación internacional que habían ido desarrollándose con el tiempo en el mundo del transporte marítimo.

Los objetivos generales de la OMI / IIMO se recogen en el lema: “Una navegación segura, protegida y eficiente en mares limpios”. El transporte marítimo internacional El transporte marítimo internacional es en la actualidad el medio de transporte principal debido a sus características propias como su amplia capacidad de carga y sus precios ventajosos, en comparación con otros medios de transporte (Tamelander et al., 2010).

- **El Comité de Protección del Medio Marino (MEPC).** El Comité de Protección del Medio Marino (MEPC, por sus siglas en inglés) establecido en asamblea de la OMI / IMO en noviembre de 1973, con el fin de coordinar las actividades de la OMI / IMO encaminadas a la prevención y contención de la contaminación del medio ambiente por los buques. Las medidas adoptadas han sido exitosas al reducir la contaminación generada en la fuente (buques). De todos los instrumentos adoptados por la OMI / IMO, 23 están directamente relacionados con la protección del medio marino (Tamelander et al., 2010).

- **Programa GLOBALLAST.** El Programa Global de Manejo de Aguas de Lastre (GLOBALLAST) fue creado por la OMI / IMO en el 2006 con el objeto de implementar el proyecto "Construyendo Asociaciones para Asistir a los Países en Vías de Desarrollo a Reducir la Transferencia de Organismos Acuáticos Dañinos en Aguas de Lastre de los Buques" (GLOBALLAST Partnership), con miras a la implementación de medidas que tiendan a prevenir el problema a escala global (Tamelander et al., 2010).

El principal objetivo de este programa es ayudar a los países y/o regiones particularmente vulnerables a expedir reformas legales y políticas para alcanzar los objetivos de la Convención Internacional para el Control y Manejo del Aguas de Lastre de los Buques y Sedimentos (BWM), impulsada por la OMI / IMO en febrero del 2004 y vigente desde el año 2017. El fortalecimiento institucional a través de la construcción de capacidades y de la cooperación técnica de programas como el GLOBALLAST es vital para proteger a los Estados vulnerables y con creciente riesgo de la bio-invasión acuática (BWM Convention, 2017).

El Programa GLOBALLAST tiene cuatro metas claves que pretende cumplir al finalizar, estas son:

- Incrementar el aprendizaje, las evaluaciones y la gestión del agua de lastre.
- Implementar estrategias de gestión de aguas de lastre en terreno. Con reformas institucionales, políticas y jurídicas, a niveles nacionales de cada país.

- La utilización de conocimientos previos como herramienta de gestión, así como también de continua vigilancia marina, como forma eficaz para expandir la conciencia pública mundial y lograr el apoyo de los interesados, mejorar la comprensión de los impactos que el intercambio del agua de lastre causaría en la ecología marina, y asimismo mejorar las comunicaciones en el sector marítimo.
- Gestionar asociaciones público-privadas para estimular el desarrollo de soluciones rentables en cuanto a tecnología de tratamientos de agua de lastre.
- **Guardia Costera de los EEUU (USCG).** El ente regulador en las zonas costeras de los EEUU está a cargo de la Guardia Costera (USCG, por sus siglas en inglés), fundada en 1790. Todos los barcos que transiten, carguen o descarguen mercancías o agua de lastre en las zonas costeras de los EEUU deben rendir cuentas a la USCG, y su reglamento vigente fue publicado en el año 2012 (USGC, 2012).

#### **b) Entes reguladores nacionales**

- **Instituto del Mar del Perú (IMARPE).** El IMARPE es un organismo técnico especializado del Ministerio de la Producción del Perú, fundado en 1964 y orientado a la investigación científica, así como al estudio y conocimiento del mar peruano y sus recursos, para asesorar al Estado en la toma de decisiones respecto al uso racional de los recursos pesqueros y la conservación del ambiente marino, contribuyendo activamente con el desarrollo del país. La investigación del IMARPE abarca el conocimiento del mar y su dinámica mediante el estudio de los procesos oceanográfico físicos, químicos y biológicos con un enfoque ecosistémico. Bajo este

enfoque se investiga la relación entre los recursos pesqueros, el ambiente y la actividad pesquera, brindando asesoramiento en el manejo de los recursos y el entorno marino, respetando y promoviendo los conceptos de desarrollo sustentable, conservación de la biodiversidad marina, protección del medio ambiente y pesca responsable (IMARPE, 2019).

**c) Acatamiento de prescripciones.** Este se basa en el Tratado BWM de la OMI / IMO que está en vigor desde septiembre de 2017, y adicionalmente un propietario y operador de un barco que tiene la intención de deslazar dentro de los EEUU necesita un sistema aprobado por la Guardia Costera Americana (USGC).

- **Convenio Internacional BWM (IMO, 2017).** Desde la década de 1970, el aumento en el comercio internacional originó que se produjeran mayores niveles de riesgo para la propagación de especies invasoras. En 1991, el MEPC (Comité de Protección del Medio Marino) de la OMI / IMO adoptó directrices para prevenir la introducción de patógenos y organismos no deseados mediante la descarga de agua de lastre en nuevas áreas geográficas. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) celebrada en Río de Janeiro en 1992, se iniciaron las negociaciones para la elaboración de un texto común internacional vinculante que afrontase este problema. En 1994, el MEPC de la OMI / IMO creó el Grupo de Trabajo sobre el agua de lastre o BWWG (Ballast Water Working Group) que coordinaría dichas actividades. A partir del 1999, el BWWG se centró en la

preparación de un convenio independiente sobre el control en esta materia.

En 2004, después de importantes negociaciones entre los estados miembros de la OMI / IMO, la agencia adoptó el Convención BWM (Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques). El tratado requería la ratificación de un mínimo de 30 estados miembros que representen al menos el 35% del tonelaje bruto de transporte marítimo mercante del mundo. La ratificación total se logró el 8 de septiembre de 2016, y entró en vigencia 12 meses después.

El Convención BWM de la OMI / IMO indica que las nuevas construcciones de buques requerirán sistemas de tratamiento con aprobación de este tipo a partir de septiembre de 2017, mientras que los buques existentes necesitarán que se actualicen sus sistemas de gestión de agua de lastre. En esencia, todos los buques deberán instalar un sistema de tratamiento en un período de cinco años, por lo tanto, la fecha límite es 2022 (BWM Convention, 2017).

Hay varias regulaciones clave de la Convención BWM que afectan a los propietarios y operadores de embarcaciones que transportan agua de lastre y se dedican a envío internacional. Los más importantes son los Reglamentos B-3, B-4, D-1 y D-2 de la OMI / IMO, que en conjunto definen las reglas para el intercambio y la gestión de agua de lastre.

- o Regulaciones B-4 y D-1: Normas para el cambio de agua de lastre en los buques. Efectivo como medida voluntaria en ciertas regiones desde 2009, los Reglamentos B-4 y D-1 establecen un

- estándar para el cambio de agua de lastre para minimizar la propagación de especies invasoras. La regla B-4 estipula que los buques que realicen cambios de agua de lastre hacerlo en mar abierto, al menos a 200 millas náuticas de tierra más cercana y en aguas de al menos 200 metros de profundidad. La regulación D-1 requiere una eficiencia del 95% intercambio volumétrico. Al 8 de septiembre de 2017, todos los buques que transporten agua de lastre deben cumplir con estas reglas a menos que se utilice un tratamiento de agua de lastre sistema con homologación de tipo OMI / IMO (BWM Convention, 2017).
- o Regulaciones B-3 y D-2: Estándar de desempeño de la gestión de agua de lastre en los buques. La regla B-3 de la Convención BWM requiere de embarcaciones para realizar la gestión del agua de lastre utilizando un sistema de tratamiento homologado que cumpla con estándar de desempeño definido en la Regulación D-2. Este último reglamento establece límites para el número de organismos viables y las concentraciones de indicador microbios permitidos en la descarga de agua de lastre (BWM Convention, 2017).
  - o Regulación D-3: Requisito de aprobación para los sistemas de gestión de agua de lastre en los buques. Además de cumplir con los estándares de desempeño definidos en la regla D-2, la regla D-3 requiere que los sistemas de tratamiento del agua de lastre reciban la aprobación de un Inspector de la OMI / IMO para ser considerado en cumplimiento. Esto se aplica a todos los sistemas, independientemente de la tecnología de tratamiento. La aprobación se realiza de acuerdo con Directrices de la OMI / IMO (BWM Convention, 2017).
  - o Directrices G2 y G8 para la inspección y certificación de la gestión del agua de lastre de los buques. Según la Convención BWM, todos los buques con un tonelaje bruto de 400 o más están sujetos a inspecciones periódicas. Asegurar que la gestión del agua de lastre se lleve a cabo de acuerdo con

procedimientos y normas regulados, todos los buques deben tener a bordo:

1. Libro de registro del agua de lastre
2. Sistema gestión de agua de lastre con certificación internacional
3. Plan de gestión de agua de lastre y sedimentos
4. Carga de agua de lastre aprobada.

Se requiere que los buques deben anotar cualquier descarga accidental que no cumpla con las normas en el Libro de Registro de Agua de Lastre. Esta información debe ser firmada por el oficial a cargo y reportada inmediatamente a la Autoridad Gubernamental Rectora del Puerto o PSC (Port State Control) correspondiente (BWM Convention, 2017).

La IMO ha desarrollado y adoptado directrices técnicas para respaldar el Convención BWM, aclarar sus requisitos y asegurar la implementación uniforme de las regulaciones discutidas anteriormente (BWM Convention, 2017).

Si bien cada directriz proporciona un marco para la implementación práctica de la Convención BWM, es particularmente importante considerar las Directrices para el muestreo del agua de lastre (G2) y las Directrices para la aprobación de sistemas de gestión del agua de lastre (G8). Los procedimientos adecuados de muestreo del agua de lastre (G2) y la selección y operación adecuadas de un sistema de tratamiento de agua de lastre (G8) son vitales para prevenir el transporte de especies invasoras y garantizar el cumplimiento de la Convención BWM de la OMI / IMO.

Es importante que los propietarios, operadores y constructores de embarcaciones que transportan agua de lastre comprendan los requisitos y procedimientos de muestreo para garantizar la configuración adecuada de los sistemas de tratamiento del agua de lastre y la capacitación adecuada de la tripulación.

Por lo tanto, el conocimiento preciso de las directrices G2 y G8 es esencial para que los propietarios y operadores de buques minimicen el riesgo de incumplimiento. Un efectivo plan gestión exhaustiva del agua de lastre y los sedimentos le da al capitán de barco acceso a los datos de informes requeridos para las diferentes Autoridades Gubernamentales Rectoras de Puertos (PSC) a nivel global, así como información necesaria para realizar cambios de agua de lastre que cumplan con D-1 en cualquier parte del mundo. Eso ayuda a los buques a evitar retrasos en los puertos.

- **Normativa de la Guardia Costera de los EEUU (USCG, 2012).** Los armadores y operadores de barcos también deben estar conscientes de que EEUU hizo una reserva sobre estas directrices, indicando que su implementación no puede eliminar el derecho, siempre que según la Convención BWM, de los estados portuarios para llevar a cabo pruebas más rigurosas de la descarga de agua de lastre. En los EEUU, la descarga de agua de lastre está regulada por la Guardia Costera de los EEUU (USCG), la cual publicó los “Estándares para Organismos Vivos en el agua de lastre a descargarse en aguas de los EEUU”, comúnmente conocida como

la Regla Final de USCG. La legislación entró en vigor en junio de 2012. A partir de diciembre de 2013, todos los buques que deseen deslastrar en aguas de los EEUU deben contar con un sistema certificado o aprobado por la USCG.

La Regla Final de la USCG se aplica a todos los barcos equipados con tanques de lastre que operan en aguas de los EEUU o tienen como destino los puertos de los EEUU. Sin embargo, varios tipos de buques están explícitamente exentos de los requisitos de la regla final, incluidos los petroleros para crudos que se dedican a servicio costero y buques operando exclusivamente dentro de un Capitán de la Zona Portuaria. (USGC, 2012).

Dos agencias federales son responsables de regular la descarga de agua de lastre en los EEUU: la Guardia Costera (USCG) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Existen también las regulaciones estatales individuales que pueden aplicarse a los buques que transportan agua de lastre.

Cabe destacar que los buques que no descargan agua de lastre en los EEUU (solo tránsito) no están obligados a instalar sistemas de tratamiento de agua de lastre aprobados por la USCG.

Para poder cumplir con la Regla Final de la USCG, todos los buques deben emplear uno de las siguientes opciones de sistemas de gestión del agua de lastre al operar en los EEUU o viajando a un puerto de EEUU (USCG, 2012):

- Instalar y operar un sistema de tratamiento de agua de lastre que haya sido aprobado por la USCG de acuerdo con el Título

46 del Código de Regulaciones Federales de los EEUU, Parte 162.

- o Utilizar exclusivamente agua de lastre que provenga de un sistema público de agua en los EEUU. Los buques que empleen este método de cumplimiento también deben cumplir con ciertos requisitos de limpieza de tanques.
- o Realizar intercambio de agua de lastre completo en un área a 200 millas náuticas de cualquier orilla antes de descargar el agua de lastre.
- o Emplear un sistema de gestión de agua de lastre que haya sido aprobado por la USCG de manera temporal, que se conoce como un sistema de gestión alternativo (AMS). Los sistemas de gestión alternativos son permitidos siempre que se hayan instalado antes de la fecha de cumplimiento de la embarcación o se hayan extendido fecha de cumplimiento para cumplir con la Regla Final de la USCG. Los buques pueden seguir utilizando dichos sistemas hasta cinco años después de la fecha requerida para el cumplimiento de la Regla Final de la USCG.
- o No descargar agua de lastre en aguas de los EEUU.
- o Descargar toda el agua de lastre en una instalación en tierra o en otro buque para su tratamiento.

### **2.3. Definiciones Conceptuales**

**Agua de lastre:** Es el agua, con las materias en suspensión que contenga, cargada a bordo de un buque para controlar el asiento, la escora, el calado, la estabilidad y los esfuerzos del buque.

**Contaminación ambiental.** Es la introducción de agentes en el entorno natural que causan cambios adversos. La contaminación puede tomar la forma de sustancias químicas o energía, como ruido, calor o luz. Los contaminantes, los componentes de la contaminación, pueden ser sustancias / energías extrañas o contaminantes

naturales. A menudo se clasifica como fuente puntual o contaminación de fuentes no puntuales.

**Convención BWM:** El Convenio sobre la gestión del agua de lastre o Convención BWM (Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques) es un tratado adoptado por la Organización Marítima Internacional para ayudar a detener la propagación de los organismos acuáticos y agentes patógenos potencialmente perjudiciales en el agua de lastre, entró en vigor en todo el mundo el 8 de septiembre de 2017.

**Deslastrado:** Esta palabra hace referencia en quitar, sacar o retirar el lastre o de cualquier objeto de peso que se pone en el fondo de cualquier embarcación hasta que se introduce por completa el agua.

**Gestión del agua de lastre:** Procedimientos mecánicos, físicos, químicos o biológicos, ya sean utilizados individualmente o en combinación, destinados a extraer, o neutralizar los organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos existentes en el agua de lastre y los sedimentos, o a evitar la toma o la descarga de los mismos.

**Lastrado:** En náutica significa poner el lastre al buque o embarcación.

**Lastrar:** Introducir agua a los tanques de lastre con fines de estabilidad.

**Marine Environment Protection Committee (MEPC):** El Comité de protección del medio marino (MEPC) aborda cuestiones ambientales dentro del ámbito de competencias de la OMI / IMO, especialmente aquellas recogidas dentro del Convenio MARPOL.

**Organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos:** Los organismos acuáticos y agentes patógenos cuya introducción en el mar, incluidos los estuarios, o en cursos de agua dulce pueda ocasionar riesgos para el medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos, deteriorar la diversidad biológica o entorpecer otros usos legítimos de tales zonas.

**Programa GLOBALLAST:** Programa implementado por la OMI / IMO con el fin de ejecutar de medidas que tiendan a prevenir el problema a escala global de la contaminación de aguas oceánicas por operaciones relacionados con la gestión del agua de lastre.

**Sedimentos:** Las materias que se depositen en el fondo de los tanques del buque procedentes del agua de lastre.

**Sistema de gestión del agua de lastre:** Sistema integrado para efectuar la gestión del agua de lastre dentro de los buques.

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **3.1. Formulación de la hipótesis**

#### **3.1.1. Hipótesis general**

El sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye significativamente en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

#### **3.1.2. Hipótesis específicas**

1. Los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.
2. El funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

3. Los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

### **3.2. Variables y dimensiones**

**Variable 1:** Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

#### **Definición conceptual.**

El sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” es un mecanismo que tiene como objetivo eliminar los organismos del agua de lastre del barco, con el objetivo de proteger el medio ambiente marítimo y evitar la contaminación de los seres vivos marinos (Headway Technologies, 2015).

#### **Definición operacional.**

El sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” se medirá a través de una encuesta abordando las dimensiones componentes que integran su estructura, el funcionamiento y operación del sistema y los requerimientos técnicos y mantenimiento exigidos para su buen funcionamiento.

#### **Dimensiones:**

- Componentes.
- Funcionamiento y operación.
- Requerimientos técnicos y mantenimiento.

**Variable 2:** Prevención de la contaminación del ecosistema marino.

**Definición conceptual.**

La prevención de la contaminación marina, tiene como fin el controlar, advertir, y en todo caso comprende un conjunto de medidas para mitigar la contaminación del ecosistema marino, estableciendo las políticas y acciones para reducir su impacto, además, comprende todas aquellas medidas correctivas, tomando en cuenta las características particulares de las áreas; así como los agentes contaminantes (Martin, 2017).

**Definición operacional.**

La prevención marina asociada al sistema de gestión del agua de lastre, se mide a través de una encuesta abordando las dimensiones de riesgos asociados a las descargas de agua de lastre, el rol de inspección que requiere el sistema para evitar la contaminación y las regulaciones dispuestas para este fin.

**Dimensiones:**

- Riesgos asociados a las descargas de agua de lastre.
- Rol de Inspección.
- Regulaciones.

## CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Diseño de la investigación

La investigación es de **diseño No experimental**, dado que las variables, sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” y prevención de la contaminación marina no estuvieron expuestas bajo procesos de manipulación que pudiera alterar su comportamiento, las mismas se midieron tal como se presentan en el contexto, desde la percepción de los tripulantes de un buque granelero y bajo la experticia de los cuestionarios aplicados, recolección llevada a cabo en un solo momento, por lo que es caracterizado el estudio de **corte Transversal**, de esta manera se estableció el comportamiento de las variables estableciendo la relación y efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente, lo que cataloga a la investigación de **alcance Correlacional-causal**.

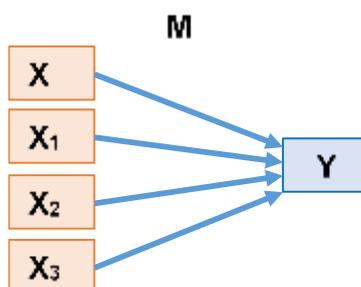
En este sentido se considera la opinión de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), quienes señalan que la investigación no experimental son “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (p.175), mismos que

clasifican esta investigación por su temporalidad o momentos de recolección de datos, en: transeccionales y longitudinales, definiendo que “los diseños transeccionales o transversales recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único” (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p.176), tal como se planteó en el presente estudio.

En esta línea se denota que la investigación transversal contempla diferentes alcances, tales como exploratorio, descriptivo y correlacionales-causales; este último considerado en la investigación así descrito anteriormente, al respecto Hernández-Sampieri y Mendoza (2018, p.177), señalan que “estos diseños son útiles para establecer relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado; a veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causa-efecto (causales)”.

De esta manera la investigación se basa en un **enfoque Cuantitativo**, dado que se “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.4).

El diseño de investigación planteado se explica a través del siguiente diagrama:



**Figura 20.** Diseño de investigación *correlacional-causal*.

Donde:

**M:** Muestra de estudio.

**X:** Variable independiente: Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

**X<sub>1, 2 y 3</sub>:** Dimensiones de la variable independiente.

**Y:** Variable dependiente: Prevención de la contaminación del ecosistema marino.

**→ :** Causalidad entre las variables.

## **4.2. Población y muestra**

### **4.2.1. Población**

La población de estudio la conforman 20 Oficiales de un buque granelero de una empresa naviera, mismos que están involucrados directamente con la manipulación del sistema de gestión de agua de lastre y las medidas preventivas que infiere su operación para no contaminar el ecosistema marino, de acuerdo a estas características los mismos constituyen la unidad de análisis.

Al respecto Hernández et al. (2014), señala que la población se refiere al “conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p.174).

### **4.2.2. Muestra**

La muestra es definida por Hernández et al. (2014) como el “subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta” (p.173).

Partiendo de esta definición al determinar la muestra observamos que la población descrita se considera pequeña y además los tripulantes del buque granelero cumplen con los mismos criterios, por lo que se consideran a los 20 Oficiales como parte de la muestra de estudio, es decir se trata de una muestra de tipo censal.

### 4.3. Operacionalización de variables

**Tabla 15.**

*Matriz de operacionalización de las variables.*

| Variable   | Dimensiones   | Indicadores  | Escala de Medida   | Niveles y Rangos   |
|--|---|--|--|--|
| <b>Variable X:</b><br>Sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard". | X <sub>1</sub> : Componentes.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Equipos.</li> <li>Características.</li> </ul>   | Tipo Ordinal:<br><br>Totalmente en desacuerdo (1)<br><br>En desacuerdo (2) | Malo<br>(20 – 46)<br><br>Regular<br>(47 – 72)<br><br>Bueno<br>(73 – 100) |
|  | X <sub>2</sub> : Funcionamiento y operación.                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Función.</li> <li>Procesos.</li> <li>Eliminación de contaminantes.</li> <li>Eficiencia en las operaciones de navegación.</li> </ul> |  |  |
|  | X <sub>3</sub> : Requerimientos técnicos y mantenimiento.             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Medidas.</li> <li>Instalación.</li> <li>Seguridad.</li> <li>Plan preventivo.</li> </ul>   |  |  |
| <b>Variable Y:</b><br>Prevención de la contaminación del ecosistema marino | Y <sub>1</sub> : Riesgos asociados a las descargas de agua de lastre. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de especies nocivas.</li> <li>Limpieza de tanques de lastre.</li> <li>Zonas Potencialmente Peligrosa.</li> </ul>          | Ni de acuerdo, ni en desacuerdo (3)  | Bajo<br>(15 – 34)<br><br>Medio<br>(35 – 54)<br><br>Alto<br>(55 – 75)     |
|  | Y <sub>2</sub> : Rol de Inspección.                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de inspección.</li> <li>Registros de lastre y deslastre.</li> <li>Reconocimientos y certificaciones.</li> </ul>              | De acuerdo (4)<br><br>Totalmente de acuerdo (5)                            |  |
|  | Y <sub>3</sub> : Regulaciones.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Acatamiento de prescripciones.</li> <li>Convenios internacionales.</li> <li>Normativa nacional.</li> </ul>                          |  |  |

## **4.4. Técnicas para la recolección de datos**

### **4.4.1. Técnicas**

Los tripulantes de la embarcación objeto de estudio, fueron abordados bajo la técnica de la encuesta mediante un cuestionario que estipula preguntas dirigidas a medir las variables, según las dimensiones e indicadores establecidos, misma que se aplicó en un solo momento.

En este particular Arias (2016), “define la encuesta como una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular, en un momento único” (p.72).

### **4.4.2. Instrumento**

El instrumento de recolección de datos corresponde al cuestionario, integrados por una serie de preguntas destinadas a medir las variables bajo la percepción de los encuestados, cabe destacar que los cuestionarios son “la modalidad de encuesta que se realiza de forma escrita mediante un instrumento o formato en panel contentivo de una serie de preguntas. Se le denomina cuestionario autoadministrado, porque debe ser llenado por el encuestado, sin intervención del encuestador” (Arias, 2016, p.74).

De esta manera se acota que para efectos de la presente investigación se crearon dos cuestionarios con preguntas cerradas de manera afirmativas, donde los encuestados respondieron siguiendo las opciones dispuestas en una escala de Likert que maneja cinco alternativas de respuestas, tal como se detalla en la Tabla 16:

**Tabla 16.***Escala de medida tipo Likert de los cuestionarios.*

| Escala | Totalmente en desacuerdo | En desacuerdo | Ni de acuerdo, ni en desacuerdo | De acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|--------|--------------------------|---------------|---------------------------------|------------|-----------------------|
| Código | 1                        | 2             | 3                               | 4          | 5                     |

Fuente: Elaboración propia.

Conforme el Cuestionario que mide la variable X: Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”, en la Tabla 17, se detalla la estructura, niveles y rangos referidos al mismo.

**Tabla 17.***Estructura del cuestionario para medir la variable X.*

| Variable / dimensiones                                | Ítems    | Niveles y Rangos |         |          |
|---|----------|------------------|---------|----------|
|   |          | Malo             | Regular | Bueno    |
| X: Sistema de gestión del agua de lastre Ocean Guard. | 1 al 20  | 20 - 46          | 47 - 72 | 73 - 100 |
| X1: Componentes.                                      | 1 al 7   | 7 - 15           | 16 - 25 | 26 - 35  |
| X2: Funcionamiento y operación.                       | 8 al 14  | 7 - 15           | 16 - 25 | 26 - 35  |
| X3: Requerimientos técnicos y mantenimiento.          | 15 al 20 | 6 - 13           | 14 - 21 | 22 - 30  |

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte en la Tabla 18, se detalla la estructura, niveles y rangos del Cuestionario que mide la variable Y: Prevención de la contaminación del ecosistema marino.

**Tabla 18.***Estructura del cuestionario para medir la variable Y.*

| Variable / dimensiones                                   | Ítems    | Niveles y Rangos |         |         |
|--|----------|------------------|---------|---------|
|  |          | Bajo             | Medio   | Alto    |
| Y: Prevención de la contaminación del ecosistema marino. | 1 al 15  | 15 - 34          | 35 - 54 | 55 - 75 |
| Y1: Riesgos asociados a las descargas de agua de lastre. | 1 al 5   | 5 - 11           | 12 - 17 | 18 - 25 |
| Y2: Rol de Inspección.                                   | 6 al 10  | 5 - 11           | 12 - 17 | 18 - 25 |
| Y3: Regulaciones.  | 11 al 15 | 5 - 11           | 12 - 17 | 18 - 25 |

Fuente: Elaboración propia.

Los cuestionarios descritos, fueron aplicados individualmente a cada uno de los tripulantes que integran la muestra, su administración fue independiente, es decir no se necesitó la inducción de los investigadores; el tiempo de aplicación alcanzo un máximo de 20 minutos; además se llevó a cabo en anonimato, respetando la identidad de los encuestados y la información recolectada fue de uso netamente académico, logrando medir las variables y sus dimensiones.

#### 4.4.2.1. Validez

Según Arias (2016) “la validez del cuestionario significa que las preguntas o ítems deben tener una correspondencia directa con los objetivos de la investigación. Es decir, las interrogantes consultarán sólo aquello que se pretende conocer o medir” (p.79).

Por ello las preguntas formuladas en los cuestionarios fueron evaluadas por cinco expertos, mismos que por su experiencia en el campo marítimo y metodológico, apreciaron que son adecuadas, pertinentes, claras, objetivas y suficientes para medir las variables y sus dimensiones. Estableciendo así la validez de los cuestionarios y su correspondencia a los objetivos formulados, tal como se expone en la Tabla 19.

**Tabla 19.**

*Validez por juicio de expertos de los instrumentos de recolección de datos.*

| Experto                         | Cuestionario  |  |
|---------------------------------|---|--|
|                                 | Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” | Prevención de la contaminación del ecosistema marino |
| Ing. Jonathan A. Cáceres Arones | Aplicable   | Aplicable  |
| Ing. Felipe R. Castro González  | Aplicable   | Aplicable  |
| Ing. Marco Cherre Graus         | Aplicable   | Aplicable  |
| Ing. Juan P. Herrera Barrios    | Aplicable   | Aplicable  |
| Mg. José Martin Gil López       | Aplicable   | Aplicable  |
| <b>Total</b>                    | <b>Aplicable</b>                                    | <b>Aplicable</b>                                     |

Fuente: Elaboración propia, adaptado de la Fichas de Validación.

#### 4.4.2.2. Confiabilidad

De acuerdo a Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la confiabilidad es definida como el “grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes en la muestra o casos” (p.229

Por tanto, para garantizar la confiabilidad de los instrumentos antes del trabajo de campo en la recolección de los datos, se llevó a cabo una prueba piloto, misma que permitió probar los cuestionarios en un grupo de 10 tripulantes adscritos a otra embarcación, determinando la confiabilidad de las preguntas en los cuestionarios a través del coeficiente alfa de Cronbach, prueba que a decir Corral (2009), es recomendable “cuando se trata de alternativas de respuestas politómicas, como las escalas tipo Likert; la cual puede tomar valores entre 0 y 1, donde: 0 significa confiabilidad nula y 1 representa confiabilidad total” (p.241). e

En este sentido la información recolectada fue tabulada y procesada mediante el software SPSS v.25, paquete estadístico que permitió determinar la escala de fiabilidad y contrastar los resultados con los siguientes criterios (Tabla 20) para su interpretación.

**Tabla 20.**

*Criterios de la magnitud del coeficiente de confiabilidad de un instrumento.*

| Rangos      | Magnitud |
|-------------|----------|
| 0,81 a 1,00 | Muy Alta |
| 0,61 a 0,80 | Alta     |
| 0,41 a 0,60 | Moderada |
| 0,21 a 0,40 | Baja     |
| 0,01 a 0,20 | Muy Baja |

Fuente: Tomado de Corral (2009, p.244).

A efectos de lo anteriormente descrito, se obtuvo que los ítems del cuestionario que mide la variable X: Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean

Guard” contempla un valor de alfa= 0.882, permitiendo identificar que el instrumento tiene una Muy alta confiabilidad, por su parte se evidencia que los ítems del cuestionario que mide la variable Y: Prevención de la contaminación del ecosistema marino refieren un valor de alfa= 0.848, indicando por igual una Muy alta confiabilidad. Tal como se detalla en la Tabla 21.

**Tabla 21.**

*Magnitud de confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.*

|                               | Cuestionario  |  |
|-------------------------------|---|--|
|                               | Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” | Prevención de la contaminación del ecosistema marino |
| N° ítems                      | 20  | 15   |
| Coefficiente Alfa de Cronbach | 0.882   | 0.848  |

Fuente: Elaboración propia, mediante SPSS v.25.

#### 4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

El procesamiento y análisis de datos se llevó a cabo a través de técnicas estadísticas, en este sentido, se describe su proceso:

- **Primero.** Se registró en base datos sistemáticamente la información recolectada de la aplicación de la encuesta a la muestra de estudio, agrupando cada ítem según la variable y dimensión correspondiente, bajo las herramientas tecnológicas Excel y SPSS v.25.
- **Segundo.** Se efectuó un análisis estadístico descriptivo, el cual permitió presentar los datos de manera resumida en tablas y gráficos, contrastando los valores absolutos y porcentuales en niveles, por cada variable y dimensión.

**Tercero.** Se realizó un análisis estadístico inferencial, para el contraste de hipótesis, ejecutando un modelo de regresión logística ordinal, por tratar

variables categóricas de tipo ordinal, bajo un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ), valor que permitió rechazar ( $p < \alpha = 0.05$ ) o aceptar ( $p \geq \alpha = 0.05$ ) la hipótesis nula.

- **Cuarto.** Los hallazgos orientaron las conclusiones y recomendaciones a la empresa naviera ante los hechos evidenciados.

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS**

### **5.1. Análisis estadísticos descriptivos**

En este apartado se realiza una descripción de las variables y cada una de sus dimensiones, conforme los niveles establecidos para cada una de ellas, presentando de manera resumida, científicamente y de fácil comprensión la información recolectada, al exponer en tablas y gráficos las frecuencias simples y relativas porcentuales de la caracterización hecha por los tripulantes bajo su experiencia y percepción en las maniobras a bordo del buque granelero sobre el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” y las medidas de prevención de la contaminación del ecosistema marino.

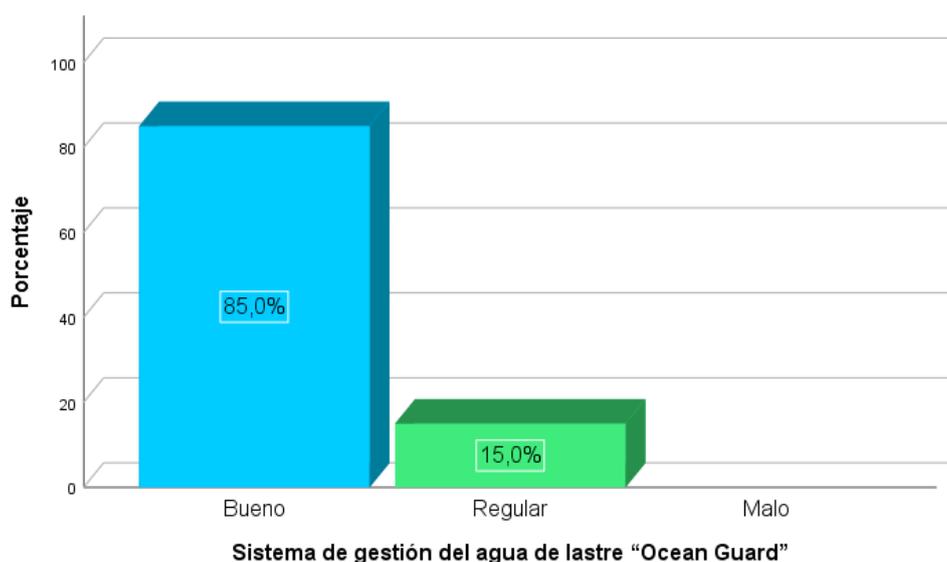
### 5.1.1. Resultados descriptivos de la variable Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” y sus dimensiones.

**Tabla 22.**

*Descripción de resultados por niveles de la variable sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.*

| Nivel        | Frecuencia | Porcentaje   |
|--------------|------------|--------------|
| Malo         | 0          | 0,0          |
| Regular      | 3          | 15,0         |
| Bueno        | 17         | 85,0         |
| <b>Total</b> | <b>20</b>  | <b>100,0</b> |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21.** Descripción de resultados por niveles de la variable sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

En la Tabla 22 y Figura 21, se evidencia que del total de tripulantes encuestados (n= 20), el 85% califican en un nivel bueno el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” instalado en el buque granelero, por su parte el 15% catalogan en un nivel regular el sistema “Ocean Guard” para el tratamiento de agua

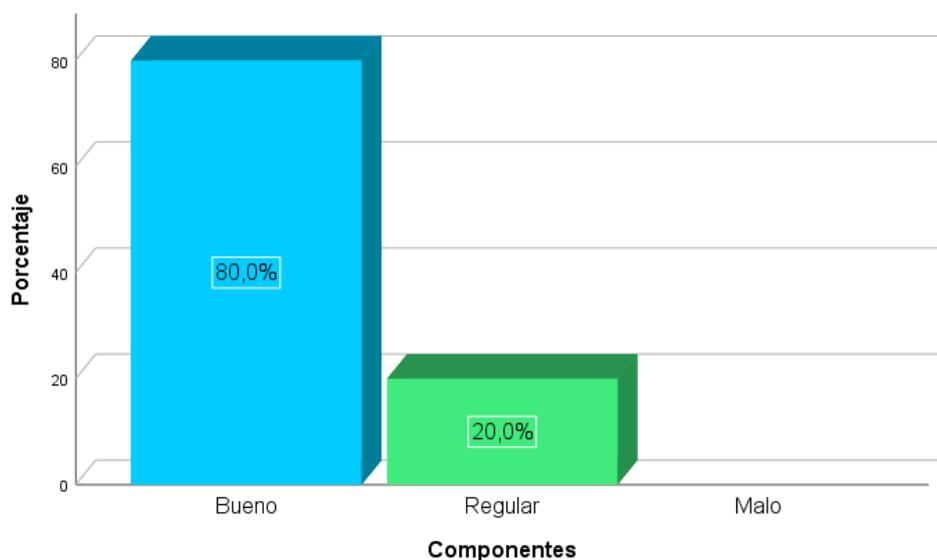
de lastre en la embarcación, ninguno de los tripulantes identifica este sistema en un mal nivel.

**Tabla 23.**

*Descripción de resultados por niveles de la dimensión componentes.*

| <b>Nivel</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Malo         | 0                 | 0,0               |
| Regular      | 4                 | 20,0              |
| Bueno        | 16                | 80,0              |
| <b>Total</b> | <b>20</b>         | <b>100,0</b>      |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 22.** Descripción de resultados por niveles de la dimensión componentes.

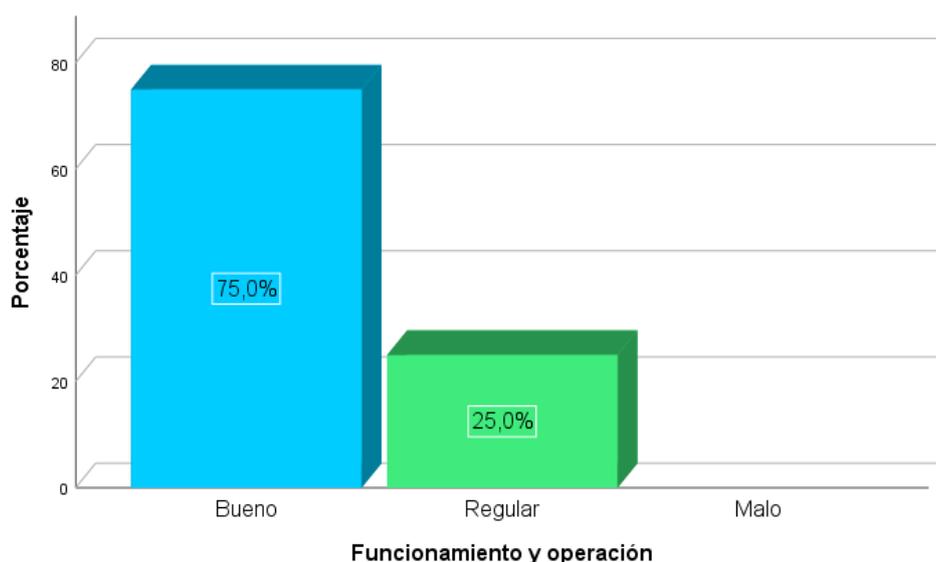
En la Tabla 23 y Figura 22, se evidencia que del total de tripulantes encuestados (n= 20), el 80% califican en un nivel bueno los componentes que integran el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” instalado en el buque granelero, el 20% catalogan en un nivel regular las características de los equipos del sistema “Ocean Guard” para el tratamiento de agua de lastre en la embarcación, ninguno de los tripulantes identifica estos equipos en un mal nivel.

**Tabla 24.**

*Descripción de resultados por niveles de la dimensión funcionamiento y operación.*

| Nivel        | Frecuencia | Porcentaje   |
|--------------|------------|--------------|
| Malo         | 0          | 0,0          |
| Regular      | 5          | 25,0         |
| Bueno        | 15         | 75,0         |
| <b>Total</b> | <b>20</b>  | <b>100,0</b> |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 23.** Descripción de resultados por niveles de la dimensión funcionamiento y operación.

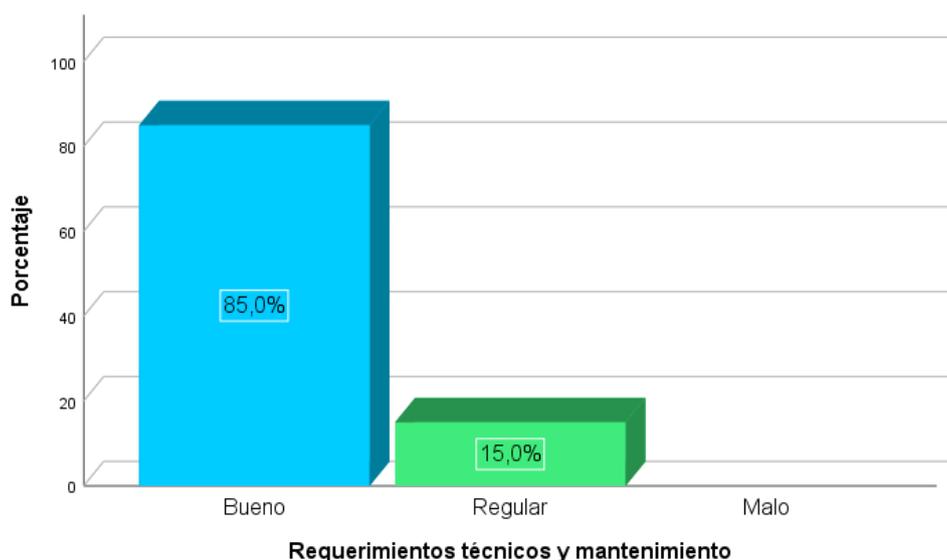
En la Tabla 24 y Figura 23, se evidencia que del total de tripulantes encuestados ( $n= 20$ ), el 75% califican en un nivel bueno el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” instalado en el buque granelero, el 25% catalogan en un nivel regular el manejo y función del sistema “Ocean Guard” para el tratamiento de agua de lastre y las operaciones del buque, ninguno de los tripulantes identifica el funcionamiento en un mal nivel.

**Tabla 25.**

*Descripción de resultados por niveles de la dimensión requerimientos técnicos y mantenimiento.*

| Nivel        | Frecuencia | Porcentaje   |
|--------------|------------|--------------|
| Malo         | 0          | 0,0          |
| Regular      | 3          | 15,0         |
| Bueno        | 17         | 85,0         |
| <b>Total</b> | <b>20</b>  | <b>100,0</b> |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 24.** Descripción de resultados por niveles de la dimensión requerimientos técnicos y mantenimiento.

En la Tabla 25 y Figura 24, se evidencia que del total de tripulantes encuestados (n= 20), el 85% califican en un nivel bueno los requerimientos técnicos y de mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” del buque granelero, el 15% catalogan en un nivel regular las exigencias técnicas de instalación y de mantenimiento en los equipos del sistema “Ocean Guard” para el tratamiento de agua de lastre, ninguno de los tripulantes identifica estos requerimientos en un mal nivel.

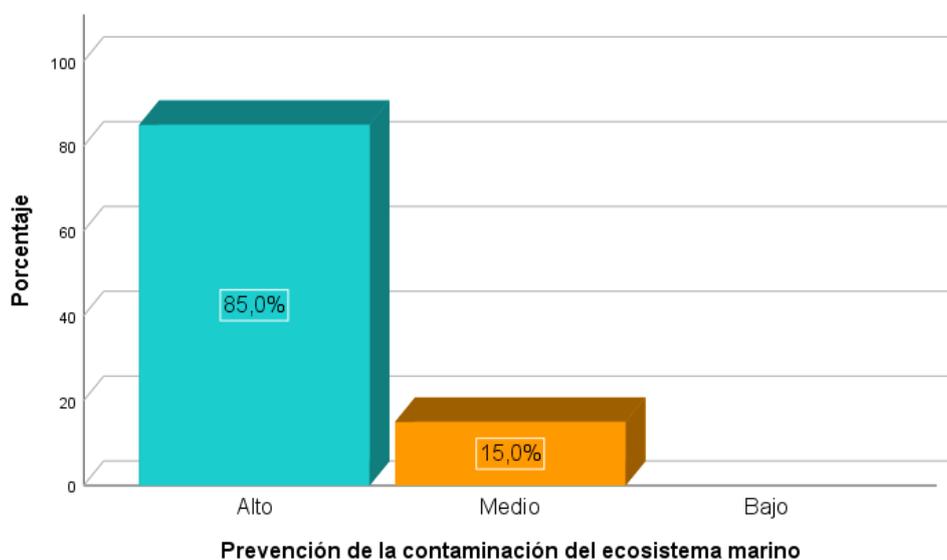
### 5.1.2. Resultados descriptivos de la variable Prevención de la contaminación del ecosistema marino y sus dimensiones.

**Tabla 26.**

*Descripción de resultados por niveles de la variable prevención de la contaminación del ecosistema marino.*

| Nivel        | Frecuencia | Porcentaje   |
|--------------|------------|--------------|
| Bajo         | 0          | 0,0          |
| Medio        | 3          | 15,0         |
| Alto         | 17         | 85,0         |
| <b>Total</b> | <b>20</b>  | <b>100,0</b> |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 25.** Descripción de resultados por niveles de la variable prevención de la contaminación del ecosistema marino.

En la Tabla 26 y Figura 25, se evidencia que del total de tripulantes encuestados ( $n = 20$ ), el 85% califican en un nivel alto la prevención de la contaminación del ecosistema marino por parte del buque granelero, el 15% catalogan en un nivel medio las medidas preventivas para mitigar la contaminación

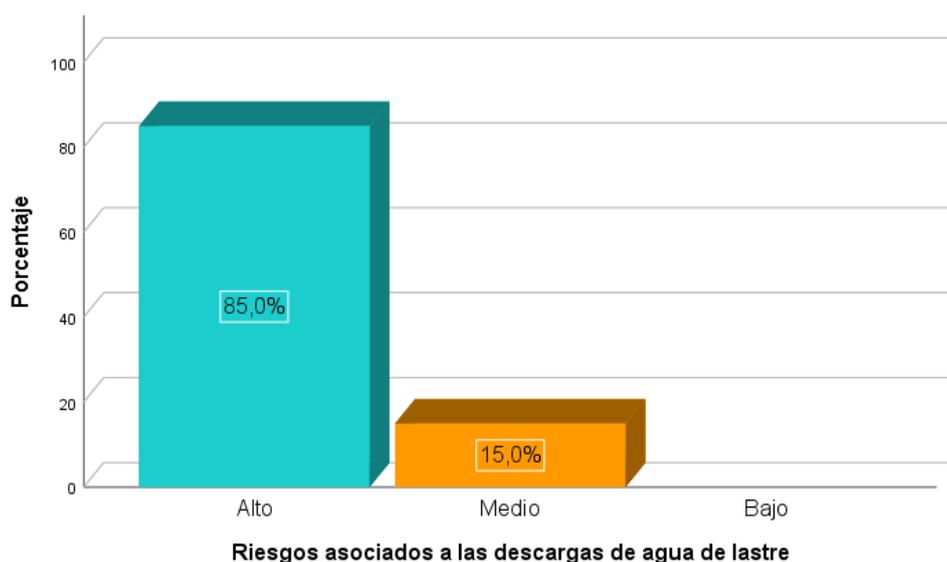
marina en la embarcación, ninguno de los tripulantes identifica estas acciones en un bajo nivel.

**Tabla 27.**

*Descripción de resultados por niveles de la dimensión riesgos asociados a las descargas de agua de lastre.*

| Nivel        | Frecuencia | Porcentaje   |
|--------------|------------|--------------|
| Bajo         | 0          | 0,0          |
| Medio        | 3          | 15,0         |
| Alto         | 17         | 85,0         |
| <b>Total</b> | <b>20</b>  | <b>100,0</b> |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 26.** Descripción de resultados por niveles de la dimensión riesgos asociados a las descargas de agua de lastre.

En la Tabla 27 y Figura 26, se observa que del total de tripulantes encuestados (n= 20), el 85% califican en un nivel alto la prevención de la contaminación marina sobre los riesgos asociados a las descargas de agua de

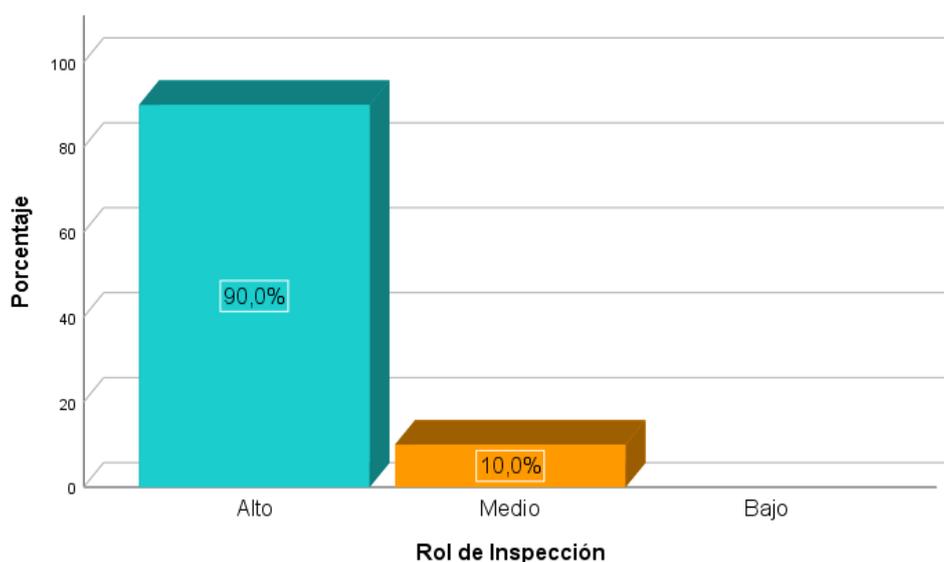
lastre en el buque granelero, el 15% catalogan en un nivel medio la prevención de los riesgos asociados a las aguas de lastre en la contaminación, ninguno de los tripulantes identifica estas medidas en un bajo nivel.

**Tabla 28.**

*Descripción de resultados por niveles de la dimensión rol de inspección.*

| Nivel        | Frecuencia | Porcentaje   |
|--------------|------------|--------------|
| Bajo         | 0          | 0,0          |
| Medio        | 2          | 10,0         |
| Alto         | 18         | 90,0         |
| <b>Total</b> | <b>20</b>  | <b>100,0</b> |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 27.** Descripción de resultados por niveles de la dimensión rol de inspección.

En la Tabla 28 y Figura 27, se observa que del total de tripulantes encuestados (n= 20), el 90% califican en un nivel alto el rol de inspección implementado en el buque granelero para prevenir la contaminación marina, por su parte el 10% catalogan en un nivel medio la prevención de la contaminación bajo

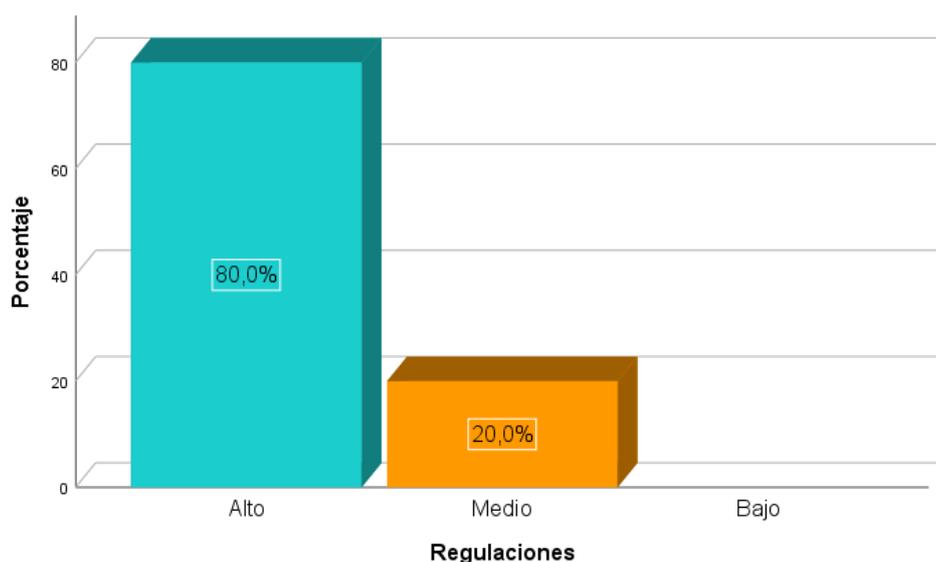
las acciones de inspección, ninguno de los tripulantes identifica estas medidas en un bajo nivel.

**Tabla 29.**

*Descripción de resultados por niveles de la dimensión regulaciones*

| Nivel        | Frecuencia | Porcentaje   |
|--------------|------------|--------------|
| Bajo         | 0          | 0,0          |
| Medio        | 4          | 20,0         |
| Alto         | 16         | 80,0         |
| <b>Total</b> | <b>20</b>  | <b>100,0</b> |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 28.** Descripción de resultados por niveles de la dimensión regulaciones.

En la Tabla 29 y Figura 28, se observa que del total de tripulantes encuestados (n= 20), el 80% califican en un nivel alto la implementación de regulaciones nacionales e internacionales para prevenir la contaminación marina en el buque granelero, mientras que el 20% de los tripulantes catalogan en un nivel medio la ejecución de normativas destinadas a la prevención de la contaminación

en el buque, ninguno de los tripulantes identifica estas regulaciones en un bajo nivel.

## **5.2. Análisis estadístico inferencial**

Conforme el objetivo general de investigación y la metodología planteada (correlacional-causal) el análisis estadístico inferencial partió del hecho de verificar como el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” explica el comportamiento de la prevención de la contaminación del ecosistema marino.

En este sentido se planteó un modelo de regresión logística ordinal, dado que las variables en estudio son cualitativas de tipo ordinal, al respecto Pignataro (2016) refiere que “uno de los modelos para variables dependientes cualitativas es el logístico...El interés con el modelo logístico es explicar el comportamiento de una variable dependiente  $Y$  categórica con base en una o muchas variables independientes  $X_k$ ” (p.101).

En este sentido el contraste de hipótesis, se llevó a cabo bajo un nivel de significancia del 5% ( $\alpha= 0.05$ ), valor que permitió rechazar ( $p < \alpha= 0.05$ ) o aceptar ( $p \geq \alpha= 0.05$ ) la hipótesis nula.

### 5.2.1. Prueba de hipótesis general

La prueba de hipótesis general se efectúa mediante el siguiente planteamiento:

**H<sub>i</sub>:** El sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye significativamente en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

**H<sub>0</sub>:** El sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” No influye significativamente en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

**Tabla 30.**

*Información de ajuste de los modelos para la hipótesis general.*

| Modelo            | Logaritmo de la verosimilitud -2 | Chi-cuadrado | gl | Sig. |
|-------------------|----------------------------------|--------------|----|------|
| Sólo intersección | 9,045                            |              |    |      |
| Final             | 3,562                            | 5,483        | 1  | ,019 |

Función de enlace: Logit.

En la Tabla 30, de la prueba de Chi-cuadrado se obtuvo un *p-valor*= 0.019 menor al nivel de significancia establecido ( $p < 0,05$ ), interpretando que el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” si aportan a explicar la prevención de la contaminación del ecosistema marino, por tanto, se acepta el modelo de regresión.

**Tabla 31.**

*Resumen de los Pseudo R-cuadrado para la hipótesis general.*

|             |      |
|-------------|------|
| Cox y Snell | ,240 |
| Nagelkerke  | ,420 |
| McFadden    | ,324 |

Función de enlace: Logit.

De acuerdo a la Tabla 31, se evidencia mediante el coeficiente de Nagelkerke ( $R^2= 0,420$ ) que el 42% de la prevención de la contaminación del ecosistema marino se explica por el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

**Tabla 32.**

*Estimaciones de parámetros del modelo para la hipótesis general.*

|           |  | Estimación | Desv.<br>Error | Wald  | gl | Sig. | Intervalo de<br>confianza al 95% |                    |
|-----------|--|------------|----------------|-------|----|------|----------------------------------|--------------------|
|           |  |            |                |       |    |      | Límite<br>inferior               | Límite<br>superior |
| Umbral    | [Prevención de la contaminación del ecosistema marino = 2] | 7,625      | 4,213          | 3,275 | 1  | ,040 | -,633                            | 15,882             |
| Ubicación | Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”        | 3,466      | 1,601          | 4,687 | 1  | ,030 | ,328                             | 6,603              |

Función de enlace: Logit.

En la Tabla 32, se evidencia un  $p$ -valor= 0,030 asociado al coeficiente Wald= 4,687 que por ser menor al nivel de significancia establecido ( $p < 0,05$ ) conlleva al rechazo de la hipótesis nula ( $H_0$ ), y la aceptación de la hipótesis general ( $H_i$ ), verificando que: *“El sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye significativamente en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020”*. Es decir se estima que a mayor uso del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones, se espera un aumento positivo en los niveles de prevención de la contaminación marina, coeficientes que permiten establecer la ecuación del modelo de regresión  $Y= 3,466 + 7,325 X$ .

### 5.2.2. Prueba de hipótesis específica 1

La prueba de la primera hipótesis específica se efectúa mediante el siguiente planteamiento:

**H<sub>1</sub>:** Los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

**H<sub>0</sub>:** Los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” *No* influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

**Tabla 33.**

*Información de ajuste de los modelos para la primera hipótesis específica.*

| Modelo            | Logaritmo de la<br>verosimilitud -2 | Chi-cuadrado | gl | Sig. |
|-------------------|-------------------------------------|--------------|----|------|
| Sólo intersección | 7,780                               |              |    |      |
| Final             | 3,898                               | 3,882        | 1  | ,049 |

Función de enlace: Logit.

En la Tabla 33, de la prueba de Chi-cuadrado se obtuvo un *p-valor*= 0.049 menor al nivel de significancia establecido ( $p < 0,05$ ), interpretando que los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” si aportan a explicar la prevención de la contaminación del ecosistema marino, por tanto, se acepta el modelo de regresión.

**Tabla 34.**

*Resumen de los Pseudo R-cuadrado para la primera hipótesis específica.*

|             |      |
|-------------|------|
| Cox y Snell | ,176 |
| Nagelkerke  | ,309 |
| McFadden    | ,230 |

Función de enlace: Logit.

De acuerdo a la Tabla 34, se evidencia mediante el coeficiente de Nagelkerke ( $R^2= 0,309$ ) que el 30.9% de la prevención de la contaminación del ecosistema marino se explica por los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

**Tabla 35.**

*Estimaciones de parámetros del modelo para la primera hipótesis específica.*

|           |  | Estimación | Desv.<br>Error | Wald  | gl | Sig. | Intervalo de<br>confianza al 95% |                 |
|-----------|--|------------|----------------|-------|----|------|----------------------------------|-----------------|
|           |  |            |                |       |    |      | Límite inferior                  | Límite superior |
| Umbral    | [Prevención de la contaminación del ecosistema marino = 2] | 5,416      | 3,642          | 2,211 | 1  | ,037 | -1,723                           | 12,555          |
| Ubicación | Componentes  | 2,708      | 1,438          | 3,548 | 1  | ,040 | -,110                            | 5,526           |

Función de enlace: Logit.

En la Tabla 35, se evidencia un  $p$ -valor= 0,040 asociado al coeficiente Wald= 3,548 que por ser menor al nivel de significancia establecido ( $p < 0,05$ ) conlleva al rechazo de la hipótesis nula ( $H_0$ ), y la aceptación de la primera hipótesis específica ( $H_1$ ), verificando que: “Los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020”. Es decir se estima que a buen uso de los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones, se espera un aumento

positivo en los niveles de prevención de la contaminación marina, coeficientes que permiten establecer la ecuación del modelo de regresión  $Y= 2,708 + 5,416 X$ .

### 5.2.3. Prueba de hipótesis específica 2

La prueba de la segunda hipótesis específica se efectúa mediante el siguiente planteamiento:

**H<sub>2</sub>:** El funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

**H<sub>0</sub>:** El funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” No influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

**Tabla 36.**

*Información de ajuste de los modelos para la segunda hipótesis específica.*

| Modelo            | Logaritmo de la verosimilitud -2 | Chi-cuadrado | gl | Sig. |
|-------------------|----------------------------------|--------------|----|------|
| Sólo intersección | 6,887                            |              |    |      |
| Final             | 4,057                            | 2,830        | 1  | ,042 |

Función de enlace: Logit.

En la Tabla 36, de la prueba de Chi-cuadrado se obtuvo un *p-valor*= 0.042 menor al nivel de significancia establecido ( $p < 0,05$ ), interpretando que el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” si aportan a explicar la prevención de la contaminación del ecosistema marino, por tanto, se acepta el modelo de regresión.

**Tabla 37.**

*Resumen de los Pseudo R-cuadrado para la segunda hipótesis específica.*

|             |      |
|-------------|------|
| Cox y Snell | ,132 |
| Nagelkerke  | ,231 |
| McFadden    | ,167 |

Función de enlace: Logit.

De acuerdo a la Tabla 37, se evidencia mediante el coeficiente de Nagelkerke ( $R^2= 0,231$ ) que el 23,1% de la prevención de la contaminación del ecosistema marino se explica por el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

**Tabla 38.**

*Estimaciones de parámetros del modelo para la segunda hipótesis específica.*

|           |  | Estimación | Desv.<br>Error | Wald  | gl | Sig. | Intervalo de<br>confianza al 95% |                    |
|-----------|--|------------|----------------|-------|----|------|----------------------------------|--------------------|
|           |  |            |                |       |    |      | Límite<br>inferior               | Límite<br>superior |
| Umbral    | [Prevención de la contaminación del ecosistema marino = 2] | 4,062      | 3,433          | 1,400 | 1  | ,037 | -2,667                           | 10,790             |
| Ubicación | Funcionamiento y operación                                 | 2,234      | 1,380          | 2,619 | 1  | ,006 | -,471                            | 4,939              |

Función de enlace: Logit.

En la Tabla 38, se evidencia un  $p$ -valor= 0,006 asociado al coeficiente Wald= 2,619 que por ser menor al nivel de significancia establecido ( $p < 0,05$ ) conlleva al rechazo de la hipótesis nula ( $H_0$ ), y la aceptación de la segunda hipótesis específica ( $H_2$ ), verificando que: “El funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020”. Es decir se estima que a mayor buen funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones, se espera un aumento positivo en los niveles de prevención de la

contaminación marina, coeficientes que permiten establecer la ecuación del modelo de regresión  $Y= 2,234 + 4,062 X$ .

### 5.2.4. Prueba de hipótesis específica 3

La prueba de la tercera hipótesis específica se efectúa mediante el siguiente planteamiento:

**H<sub>3</sub>:** Los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

**H<sub>0</sub>:** Los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” No influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

**Tabla 39.**

*Información de ajuste de los modelos para la tercera hipótesis específica.*

| Modelo            | Logaritmo de la verosimilitud -2 | Chi-cuadrado | gl | Sig. |
|-------------------|----------------------------------|--------------|----|------|
| Sólo intersección | 9,045                            |              |    |      |
| Final             | 3,562                            | 5,483        | 1  | ,019 |

Función de enlace: Logit.

En la Tabla 39, de la prueba de Chi-cuadrado se obtuvo un *p-valor*= 0.019 menor al nivel de significancia establecido ( $p < 0,05$ ), interpretando que los requerimientos técnicos y mantenimientos del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” si aportan a explicar la prevención de la contaminación del ecosistema marino, por tanto, se acepta el modelo de regresión.

**Tabla 40.**

*Resumen de los Pseudo R-cuadrado para la tercera hipótesis específica.*

|             |      |
|-------------|------|
| Cox y Snell | ,240 |
| Nagelkerke  | ,420 |
| McFadden    | ,324 |

Función de enlace: Logit.

De acuerdo a la Tabla 40, se evidencia mediante el coeficiente de Nagelkerke ( $R^2= 0,420$ ) que el 42% de la prevención de la contaminación del ecosistema marino se explica por los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

**Tabla 41.**

*Estimaciones de parámetros del modelo para la tercera hipótesis específica.*

|           |  | Estimación | Desv.<br>Error | Wald  | gl | Sig. | Intervalo de<br>confianza al 95% |                 |
|-----------|--|------------|----------------|-------|----|------|----------------------------------|-----------------|
|           |  |            |                |       |    |      | Límite inferior                  | Límite superior |
| Umbral    | [Prevención de la contaminación del ecosistema marino = 2] | 7,625      | 4,213          | 3,275 | 1  | ,040 | -,633                            | 15,882          |
| Ubicación | Requerimientos técnicos y mantenimiento                    | 3,466      | 1,601          | 4,687 | 1  | ,030 | ,328                             | 6,603           |

Función de enlace: Logit.

En la Tabla 41, se evidencia un  $p$ -valor= 0,030 asociado al coeficiente Wald= 4,687 que por ser menor al nivel de significancia establecido ( $p < 0,05$ ) conlleva al rechazo de la hipótesis nula ( $H_0$ ), y la aceptación de la tercera hipótesis específica ( $H_3$ ), verificando que: “Los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020”. Es decir se estima que a mayor atención de los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre

“Ocean Guard” en las embarcaciones, se espera un aumento positivo en los niveles de prevención de la contaminación marina, coeficientes que permiten establecer la ecuación del modelo de regresión  $Y= 3,466 + 7,625 X$ .

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Discusión

La investigación tuvo como objetivo general establecer de qué manera el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, en este sentido conforme los hallazgos obtenidos se determinó a través del coeficiente de Chi-cuadrado ( $p\text{-valor}= 0.019 < 0.05$ ) la relación entre las variables, infiriendo la aceptación de un modelo explicativo de regresión ordinal bajo las variables planteadas, así mismo se muestra a través del valor de R cuadrado de Nagelkerke ( $R^2= 0,420$ ) que el 42% de la varianza de la prevención de la contaminación del ecosistema marino es explicada por el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”, de esta manera los parámetros de estimación del modelo permitieron afirmar que a mayor uso del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones, se espera un aumento positivo en los niveles de prevención de la contaminación marina ( $Y= 3,466+7,325X$ ), aceptando

la hipótesis general a un nivel de significancia del 5% ( $p\text{-valor}= 0.030$ ), es decir, el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye significativamente en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

Estos resultados verifican lo expuesto por Conde (2019), quien en su estudio hace alusión que a pesar de ser una solución aprobada, el cambio de lastre por sí solo, no es suficiente para evitar los daños ambientales, por lo que se debe recurrir a otros métodos de tratamiento (físicos, químicos y mecánicos) con un mayor rendimiento, tanto al evitar la entrada de los organismos, como su descarga en nuevos ecosistemas. En este sentido el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” se apunta a una de estas tecnologías que combinan tratamientos para garantizar la existencia de los ecosistemas marinos.

Sin embargo, cabe acotar lo dispuesto por García (2018), quien sostiene entre las conclusiones de su investigación que cada día, y con medios más desarrollados, se siguen estudiando diversos métodos para combatir que las especies exóticas invadan otros ecosistemas. Tanto desde los propios buques, como en las terminales se trata de mejorar la eficacia. Aun así, no se ha encontrado un método que sea efectivo en su totalidad, sino que es la combinación de más de uno con la que consigue una mayor eficiencia.

En esta línea de análisis Rodríguez (2019), en su investigación concluye que es preciso profundizar en los análisis de validación de estas tecnologías, incluyendo el estudio de parámetros físicos y químicos, además de los microbiológicos y toxicológicos, que favorezcan unos resultados completos en la calidad del control sanitario del vertido de estas aguas.

De acuerdo al primer objetivo específico, al determinar de qué manera los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, se evidencia en los resultados un coeficiente de Chi-cuadrado ( $p\text{-valor}= 0.049 < 0.05$ ) que muestra la relación entre las variables, infiriendo la aceptación de un modelo explicativo de regresión ordinal bajo las variables planteadas, así mismo se muestra a través del valor de R cuadrado de Nagelkerke ( $R^2= 0,309$ ) que el 30.9% de la varianza de la prevención de la contaminación del ecosistema marino es explicada por las características particulares de los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”, de esta manera los parámetros de estimación del modelo permitieron afirmar que a buen uso de los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones, se espera un aumento positivo en los niveles de prevención de la contaminación marina ( $Y=2,708+5,416X$ ), aceptando la primera hipótesis específica a un nivel de significancia del 5% ( $p\text{-valor}= 0.040$ ), es decir, los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

De este planteamiento se sostiene que los componentes que forman parte del sistema “Ocean Guard”, son necesarios para el tratamiento de las aguas de lastre, la integración de estos equipos le permite garantizar la destrucción de todos los organismos peligrosos evidentes en las aguas de lastres, previniendo así la contaminación y preservación del ecosistema marino, de esta manera se toma en consideración lo expuesto por Orozco et al. (2020), quienes concluyen en su investigación que el agua de lastre transporta especies exóticas invasoras que

pueden causar graves efectos en el ecosistema marino, la salud humana y la economía, por lo cual debe fortalecerse el monitoreo de puertos de mayor tráfico marítimo.

Al respecto Parada, Payán y Casanova (2014), en su investigación concluyen que el agua de lastre descargada en los puertos, genera un riesgo potencial tanto para el ecosistema marino como para la salud humana, constituyendo un vector para la introducción de especies invasoras y organismos patógenos. De tal manera se deben tomar todas las precauciones pertinentes para evitar cualquier riesgo de contaminación y el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” constituye una de estas acciones que a través de su tecnología contribuye a la preservación de la fauna marina en todas las zonas o rutas navieras, sumado a ello Baro-Narbona y Stotz (2018), refiere realizar un análisis del agua de lastre antes del deslastre en los puertos, concluye en su investigación que si del análisis resulta que el agua es costera, significa el incumplimiento del intercambio del agua de lastre en alta mar, entonces se debería evitar la descarga de lastre en el puerto.

Conforme al segundo objetivo específico del estudio, al determinar de qué manera el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, se contrastó en los resultados un coeficiente de Chi-cuadrado ( $p\text{-valor} = 0.042 < 0.05$ ) que muestra la relación entre las variables, infiriendo la aceptación de un modelo explicativo de regresión ordinal bajo las variables planteadas, así mismo se muestra a través del valor de R cuadrado de Nagelkerke ( $R^2 = 0,231$ ) que el 23,1% de la varianza de la prevención de la contaminación del ecosistema marino es explicada por el

funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”, de esta manera los parámetros de estimación del modelo permitieron afirmar que un buen funcionamiento y ejecución de las operaciones del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones, contribuye en un aumento positivo de los niveles de prevención de la contaminación marina ( $Y=2,234+4,062X$ ), aceptando la segunda hipótesis específica a un nivel de significancia del 5% ( $p\text{-valor}= 0.006$ ), es decir, el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

Mediante los resultados expuestos se puede inferir que el buen funcionamiento y operación de los equipos para tratar el agua de lastre, se debe principalmente al grado de conocimiento de los tripulantes que operan este sistema en la embarcación, previniendo así la contaminación marina al manipular adecuadamente el sistema “Ocean Guard”, contrario a estos hallazgos Medina y Muñoz (2017), en su investigación, al analizar la gestión del agua de lastre, determinó que el BWMC en naves mercantes de bandera peruana se está implementando en un nivel intermedio. Causa de ello puede ser lo descrito por Basurto (2017), en su investigación, quien llegó a la conclusión que el conocimiento de las formas de contaminación, prevención, y conocimientos de la reglamentación existentes de la gestión de aguas de lastre, se encuentra en un nivel medio, en los oficiales que laboran en una empresa naviera. Así mismo Ingaroca y Chávarry (2017), en su estudio corroboró que el nivel de conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales egresados de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau” se ubica en el nivel medio.

En referencia al tercer objetivo específico de investigación, al determinar de qué manera los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, se visualiza en los resultados un coeficiente de Chi-cuadrado ( $p\text{-valor}= 0.019 < 0.05$ ) que muestra la relación entre las variables, infiriendo la aceptación de un modelo explicativo de regresión ordinal bajo las variables planteadas, así mismo se muestra a través del valor de R cuadrado de Nagelkerke ( $R^2= 0,420$ ) que el 42% de la varianza de la prevención de la contaminación del ecosistema marino es explicada por los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”, de esta manera los parámetros de estimación del modelo permitieron afirmar que a mayor atención de los requerimientos técnicos en la instalación y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones, se espera un aumento positivo de los niveles de prevención de la contaminación marina ( $Y=3,466+7,625X$ ), aceptando la tercera hipótesis específica a un nivel de significancia del 5% ( $p\text{-valor}= 0.030$ ), es decir, los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.

De los resultados se deduce además que en el buque granelero en estudio se están cumpliendo todos los requisitos técnicos y de mantenimiento exigidos para el buen funcionamiento del sistema de tratamiento de agua de lastre “Ocean Guard”, dado que este ayuda a la prevención del ecosistema marino al no permitir el vertido de aguas con especies exóticas o microorganismos contaminantes, cumpliendo así con las directrices normadas en los convenios nacionales e

internacionales, en concordancia con estos hallazgos Martínez y Cuba (2017), en su investigación propusieron un diseño de sistema de lastre, el cual fue óptimo, debido a que funcionó según los requerimientos técnicos llegando a responder las expectativas deseadas en el manejo del sistema en relación tiempo y respuesta. En esta perspectiva García (2015), en su investigación también verifica este hecho, al concluir que para el diseño de una instalación del sistema de gestión del agua de lastre hay que tener en cuenta y se deben cumplir las normas de los convenios SOLAS y MARPOL, así como las específicas de la Sociedad de Clasificación.

## 6.2. Conclusiones

Basados en los datos recolectados y el análisis de los hallazgos obtenidos en la investigación, se concluye que:

1. A medida que se utilice con mayor frecuencia y de manera adecuada en las embarcaciones navieras la tecnología que caracteriza el sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard", se espera un aumento positivo y significativo en los niveles de prevención de la contaminación del ecosistema marino, expuesto así bajo un modelo de regresión logística ordinal, donde los parámetros de estimación evidencian un  $p\text{-valor}= 0,030$  asociado al coeficiente de Wald, que permitió rechazar la hipótesis nula ( $p<0.05$ ), aceptar la hipótesis general y establecer la ecuación del modelo de regresión ( $Y= 3,466 + 7,325 X$ ).
2. Mientras se utilice de manera correcta en las embarcaciones navieras los componentes y equipos que integran el sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard", se espera un aumento positivo y significativo en los niveles de prevención de la contaminación del ecosistema marino, expuesto así bajo un modelo de regresión logística ordinal, donde los parámetros de estimación evidencian un  $p\text{-valor}= 0,040$  asociado al coeficiente de Wald, que permitió rechazar la hipótesis nula ( $p<0.05$ ), aceptar la primera hipótesis específica y establecer la ecuación del modelo de regresión ( $Y= 2,708 + 5,416 X$ ).
3. La ejecución de un buen funcionamiento y adecuada operación del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard" en las embarcaciones navieras, permitirá un aumento positivo y significativo en los niveles de prevención de la contaminación del ecosistema marino, expuesto así bajo un modelo de

regresión logística ordinal, donde los parámetros de estimación evidencian un *p-valor*= 0,006 asociado al coeficiente de Wald, que permitió rechazar la hipótesis nula ( $p < 0.05$ ), aceptar la segunda hipótesis específica y establecer la ecuación del modelo de regresión ( $Y = 2,234 + 4,062 X$ ).

4. Efectuar una adecuada instalación conforme los requerimientos técnicos y realizar un mantenimiento oportuno del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” en las embarcaciones navieras, contribuirá indudablemente al aumento positivo y significativo de los niveles de prevención de la contaminación del ecosistema marino, expuesto así bajo un modelo de regresión logística ordinal, donde los parámetros de estimación evidencian un *p-valor*= 0,030 asociado al coeficiente de Wald, que permitió rechazar la hipótesis nula ( $p < 0.05$ ), aceptar la tercera hipótesis específica y establecer la ecuación del modelo de regresión ( $Y = 3,466 + 7,625 X$ ).

### **6.3. Recomendaciones**

De acuerdo a las conclusiones formuladas en la investigación se recomienda a la empresa naviera:

1. Disponer, en las embarcaciones de sistemas de tratamiento de aguas de lastre con tecnología combinada, que involucre dispositivos mecánicos y químicos, este ayudará a eliminar todos los organismos y bacterias contaminantes o especies invasoras que atentan contra las especies nativas de otras localidades al verter aguas de lastre, el sistema "Ocean Guard" se adapta a las exigencias de certificaciones internacionales y ofrece un buen beneficio en este sentido, para ello se debe ejecutar un diagnóstico oportuno a todos los sistemas de gestión del agua de lastre instalados en las embarcaciones, verificando si su funcionamiento es óptimo o requiere de un reforzamiento con otra tecnología, a fin de garantizar la conservación del ecosistema marino.
2. Mantener un plan de supervisión y monitorización periódica a los equipos que componen el sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard", verificando su funcionamiento y comparando su rendimiento con los estándares establecidos por las normativas internacionales y lo dispuesto por el fabricante, detectando oportunamente cualquier falla, para su pronta corrección, ya que la avería de alguno de ellos perjudica el funcionamiento general, afectando la operatividad de la nave y repercutiendo en la conservación del medio marino al deslastrar el agua sin un tratamiento efectivo, este se puede abordar mediante un enlace directo con el fabricante o bien mediante la preparación de los oficiales a bordo que garantice la integridad de los equipos.

3. Velar por la capacitación de los oficiales que conforman la flota de las embarcaciones, bajo la implementación de cursos y talleres en coordinación con las empresas fabricantes que puedan explicar a cabalidad los manuales de funcionamiento y operación, con la finalidad de garantizar el conocimiento necesario acerca de los procedimientos que requiere el manejo de los componentes del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard”, de esta manera se reducirían los riesgos de error por el factor humano o fallas en el sistema, logrando cumplir con las exigencias normadas legalmente y prevenir la contaminación del ecosistema marino.
4. Evaluar que todos los equipos instalados cumplan con las exigencias técnicas requeridas, evaluando a detalle cada uno de los componentes, midiendo su rendimiento diario, a razón de reportar a la empresa cualquier incongruencia que pueda atentar con la integridad del equipo, la seguridad de los tripulantes y la embarcación, en esta línea es necesario además aplicar un plan de mantenimiento preventivo para evitar accidentes futuros, que no permitan desempeñar la función principal del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” de prevenir la contaminación marina.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- Álvarez, P. (2014). Especies invasoras acuáticas y cambio climático. En R. Mendoza y P. Koleff (coords.), *Especies acuáticas invasoras en México*. CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad)  
[https://www.researchgate.net/publication/273317104\\_ESPECIES\\_ACUATICAS\\_INVASORAS\\_EN\\_MEXICO](https://www.researchgate.net/publication/273317104_ESPECIES_ACUATICAS_INVASORAS_EN_MEXICO)
- Arias, F. (2016). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. (7ª Edición) Editorial Episteme.
- Arias, T. (2014). Alternativa de solución a la contaminación marina por agua de lastre. *Tecnología Química RTQ*, 34(2), Santiago de Cuba.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852014000200006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000200006)
- Austin, G. (1997). *Manual de procesos químicos en la industria*. Traducción por Matilde E. Espinoza R. Tomo I, II y III. (5a Edición) Editorial McGraw-Hill.
- Australian Quarantine & Inspection Service (1993). *Ballast Water Management*. Ballast Water Research Series Report No. 4 AGPS, Canberra.
- Bailey, S. (2015). Una descripción general de treinta años de investigación sobre el agua de lastre como vector de especies acuáticas invasoras para los ambientes marinos y de agua dulce. *Aquat. Ecosyst. Salud*, 18(1), 261–268.
- Balaji, R., Yaakob, O. y Koh, K. (2014). Una revisión de los avances en la gestión del agua de lastre. *Reinar. Rev.* 22(1), 298–310.

- Baro-Narbona, S. y Stotz, W. (2018). Propuesta para el control del agua de lastre en buques que arriban a puertos de la Ecorregión Marina de Chile Central. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 53(3): 297-306, <https://doi.org/10.22370/rbmo.2018.53.3.1355>
- Bartolomé, I. (2014). *Sistemas de gestión de agua del lastre: Fundamentos jurídicos y esquemas operativos*. (Proyecto Final de Carrera) Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24626/lguazel%20Bartolome%20PFC%20Diciembre%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Basurto, A. (2017). *Conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales que laboran en una naviera peruana en el año 2017*. (Tesis de grado) Universidad Nacional de Marina Mercante. Callao – Perú. <http://repositorio.enamm.edu.pe/bitstream/ENAMM/15/1/TESIS%2004%20-%20BASURTO.pdf>
- Bikram, S. (2019). *Contaminación marina por barcos: consejos para reducir y reciclar los desechos en el mar*. Medio Marino. Marine Insight (Online). <https://www.marineinsight.com/environment/marine-pollution-by-ships-tips-for-reducing-recycling-waste-at-sea/>
- Bondzio, D. (2016). *Risk Study Report. OceanGuard® Ballast Water Management System*. Qingdao Headway Technology Co. China.
- BWM Convention. Guía Técnica de la OMI / IMO sobre la Convención BWM. Fecha de Consulta: Noviembre 2019. <http://globallast.imo.org>
- Capa, Y. (2019). *“Plan de mantenimiento del barco pesquero Ciudad de Cartagena”* (Trabajo final de grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas

Marinos) Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica. Cartagena, Colombia.

Carlton, J. (1996). Biogeography and dispersal of coastal marine organisms: experimental studies on a replica of a 16th-century sailing vessel, *Mar. Biol.* 121(1), 721–730.

COMEX (2018). *Contaminación por transferencia del agua de lastre*. El semanario del Comercio Exterior – COMEX (Online). <https://comex-online.com.ar/noticias/val/56464/contaminacion-por-transferencia-del-agua-de-lastre.html>

Conde, A. (2019). *“Gestión del Agua de Lastre”*. (Tesis de grado) Universidad de Coruña. Escuela Técnica Superior de Náuticas e Máquinas. España. [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/24188/CondeCastro\\_Ainhoa\\_TFG-2019.pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/24188/CondeCastro_Ainhoa_TFG-2019.pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, Segunda Etapa, 19(33), 229-247. Valencia, Venezuela.

García, A. (2015). *Diseño e instalación de una unidad de tratamiento de agua de lastre en un buque*. (Tesis de Grado) Universidad de Cantabria. Escuela Técnica Superior de Náutica. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/7385/ALONSO+GARCIA+CALVO.pdf?sequence=1>

García, E. (2018). *Estudio sobre la implementación del Convenio BWM para gestión del agua de lastre*. (Tesis de Maestría) Universidad del País Vasco. Lisboa, España.

[https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/29881/GARCIA%20ALVAREZ%20c%20Elena\\_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/29881/GARCIA%20ALVAREZ%20c%20Elena_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

González, J. (2020). *“CAP XIII. Electrocatálisis”*. Editorial: Universidad Autónoma de Madrid.

Headway Technologies (2011). *“Ocean Guard® BWMS Brochure”*. Headway Technologies and Harbin Engineering University. China.

Headway Technologies (2015). *“Ocean Guard® BWMS Final Drawing”*. Headway Technologies and Harbin Engineering University. China.

Hernández, R, Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta Ed.) Editorial Mc Graw Hill.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Ingaroca, M. y Chávarry, S. (2017). *Conocimiento de la contaminación marina por aguas de lastre en los oficiales egresados de la Escuela Nacional de Marina Mercante “Almirante Miguel Grau” desde el año 1999 al 2013*. (Tesis de grado) Universidad Nacional de Marina Mercante. Callao – Perú.  
<http://repositorio.enamm.edu.pe/bitstream/ENAMM/70/1/TESIS%2061%20-%20INGAROCA%20-%20CH%c3%81VARRY.pdf>

Instituto del Mar del Perú (IMARPE). <http://www.imarpe.gov.pe>

Kantharia, M. (2020). *Mantenimiento y controles de la planta de tratamiento de aguas residuales a bordo*. Directrices. Marine Insight (Online).  
<https://www.marineinsight.com/guidelines/maintenance-and-checks-for-sewage-treatment-plant-on-ship/>

- Katsanevakis, S., Wallentinus, I., Zenetos, A., & Leppäkoski, E. (2014). Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. *Aquatic Invasions* 9(4):391-423.  
[https://www.researchgate.net/publication/269092329\\_Impacts\\_of\\_invasive\\_alien\\_marine\\_species\\_on\\_ecosystem\\_services\\_and\\_biodiversity\\_a\\_pan-European\\_review](https://www.researchgate.net/publication/269092329_Impacts_of_invasive_alien_marine_species_on_ecosystem_services_and_biodiversity_a_pan-European_review)
- Kaushik, M. (2019). *Procedimiento para iniciar y detener la planta de tratamiento de aguas residuales en un barco*. Directrices. Marine Insight (Online).  
<https://www.marineinsight.com/guidelines/procedure-for-starting-and-stopping-of-sewage-treatment-plant-on-a-ship/>
- Mambra, S. (2020). *Contaminación del océano: 6 cosas que lo empeoran*. Marine Insight (Online). Medio Marino.  
<https://www.marineinsight.com/environment/causes-and-effects-of-ocean-dumping/>
- Mar sostenible (2018). *La contaminación ocasionada por las aguas de lastres en los buques*. Mar sostenible (Online). <https://www.marsostenible.com/la-contaminacion-ocasionada-por-las-aguas-de-lastres-en-los-buques/>
- Mármol, J. (2016). *Mantenimiento estructural y mantenimiento estructural y del casco de buques de carga*. (Tesis) Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Colombia.  
<https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/5714/tfe-mar-man.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martin, J. (2017). *Prevención y lucha contra la contaminación*. (Tesis de grado) Universidad de La Laguna, Tenerife, España.

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/7009/PREVENCIÓN+Y+LUCHA+CONTRA+LA+CONTAMINACIÓN+MARINA.pdf?sequence=1>

Martínez, A. y Cuba, G. (2017). *Proyecto de factibilidad de un sensor de nivel para el sistema de lastre del buque tanque gasero Santa Clara B.* (Tesis de grado) Universidad Nacional de Marina Mercante. Callao – Perú.

<http://repositorio.enamm.edu.pe/handle/ENAMM/85>

Medina, P. y Muñoz, L. (2017). *Análisis de la implementación del Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWMC) en naves Mercantes de Bandera Peruana, 2017.* (Tesis de grado) Universidad Nacional de Marina Mercante. Callao – Perú. <http://repositorio.enamm.edu.pe/handle/ENAMM/34>

Norta MIT. (2019). *Ballast water management system.* <http://norta.net/en1/catalog/ballast-water-management-system/>

OMI / IMO (2004). *“Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques”*, 38 pp. OMI / IMO, Londres.

Organización Marítima Internacional (OMI, 2016). *Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques.* Organización Marítima Internacional (OMI): Londres, Reino Unido.

Organización Marítima Internacional (OMI, 2020). *Incrustaciones biológicas.* Organización Marítima Internacional – OMI. (Online).

<https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Pages/Biofouling.aspx>

Orozco, R., Lorenzo, A., Sánchez, S., Flores, G., Rebaza, V. y Blas, N. (2020). Efectos del agua de lastre sobre la calidad acuática de las zonas Portuarias de Callao, Pisco, Paita y Salaverry, Perú. *Revista del Instituto de*

*Investigación FIGMMG-UNMSM*, 23(46): 55 – 64.

<http://dx.doi.org/10.15381/iigeo.v23i46.19183>

Parada, J., Payán, C. y Casanova, R. (2014). Caracterización microbiológica y fisicoquímica del agua de lastre de buques de tráfico internacional que arribaron al puerto de Tumaco durante 2013. *Bol. Cient. CIOH*; 32: 211-222. [https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/14747/dimarcioh\\_2014\\_boletincioh\\_32\\_211-222.pdf?sequence=1](https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/14747/dimarcioh_2014_boletincioh_32_211-222.pdf?sequence=1)

Pignataro, A. (2016). *Manual para el análisis político cuantitativo*. (1ra. Ed.) Editorial UCR.

Programa Mundial de Gestión del Agua de Lastre (s.f). *Diez de los más temidos*. OMI. Materiales de sensibilización. <http://archive.iwlearn.net/globallast.imo.org/wp-content/uploads/2015/03/10unwantedspanish.jpg>

Qingdao Headway Technology Co. (2010). *FMEA Report on Ocean Guard® BWMS*. Headway Technologies and Harbin Engineering University. China.

Rodrigo, J. (s.f). *Convenio Internacional para el control y la gestión de aguas y sedimentos de lastre (2004)*. Ballast Tank Convention. UPC Commons.

Rodríguez, D. (2019). *Gestión y control sanitario de las aguas de lastre en buques*. (Tesis de Grado) Universidad de la Laguna. España. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/20415/Gestion%20y%20control%20sanitario%20de%20las%20aguas%20de%20lastre%20en%20buques%20.pdf?sequence=1>

Sadhwani, J., Del Río, B., y Méndez, C. (2017). *“Conservación del medio marino a través de tecnologías que eliminan la contaminación microbiológica en el*

*agua de lastre*". Departamento de Ingeniería de Procesos. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.

Smithsonian Research Center (SERC). Fecha de Consulta: Octubre 2020.  
<http://www.serc.si.edu/labs/>

Tamelander, J., Riddering, L., Haag, F., & Matheickal, J. (2010). Guidelines for Development of National Ballast Water Management Strategies. *GloBallast Monographs No. 18*.  
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2010-003.pdf>

Torre, V., López, N., y González, M. (2009). *La revolución industrial y el pensamiento político y social en el capitalismo contemporáneo (Siglo XIX)*.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/48393401.pdf>

Tsolaki, E., & Diamadopoulos, E. (2010). "Technologies for ballast water treatment: a review". *Journal of Chemical technology and Biotechnology*, 85(1), 19-32.  
[https://www.researchgate.net/publication/229442810\\_Technologies\\_for\\_ballast\\_water\\_treatment\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/229442810_Technologies_for_ballast_water_treatment_A_review)

USCG Ballast Water Management Program. Fecha de Consulta: Octubre 2020.  
<http://homeport.uscg.mil/ballastwater>

Wankhede, A. (2019a). *Explicación de la planta de tratamiento de aguas residuales en los barcos*. Tecnología Marina. Marine Insight (Online).  
<https://www.marineinsight.com/tech/sewage-treatment-plant/>

Wankhede, A. (2019b). *Explicación del ANEXO 4 del MARPOL: Cómo prevenir la contaminación por aguas residuales en el mar*. Derecho Marino. Marine Insight (Online). <https://www.marineinsight.com/tech/sewage-treatment-plant/>

- Wankhede, A. (2020). "4 Términos importantes relacionados con la planta de tratamiento de aguas residuales en los buques". *Tecnología Marina. Marine Insight* (Online). <https://www.marineinsight.com/tech/4-important-terms-related-to-sewage-treatment-plant-on-ships/>
- Werschkun, B., Banerji, S., Basurko, O. C., David, M., Fuhr, F., Gollasch, S., y Kehrer, A. (2014). "Emerging risks from ballast water treatment: The run-up to the International Ballast Water Management Convention". *Chemosphere*, 112, 256-266.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653514005268>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

### TÍTULO: “SISTEMA DE GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE “OCEAN GUARD” Y SU INFLUENCIA EN LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA MARINO EN UN BUQUE GRANELERO DE UNA EMPRESA NAVIERA, AÑO 2020”

| PROBLEMA GENERAL  | OBJETIVO GENERAL  | HIPÓTESIS GENERAL  | VARIABLES   | INDICADORES  | MÉTODO  |
|---|---|--|---|--|---|
| ¿De qué manera el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020?                      | Establecer de qué manera el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.                      | El sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influye significativamente en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.                       | <p><b>Variable independiente:</b><br/>Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes.</li> <li>• Funcionamiento y operación.</li> <li>• Requerimientos técnicos y mantenimiento.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos.</li> <li>- Características.</li> <li>- Función.</li> <li>- Procesos.</li> <li>- Eliminación de contaminantes.</li> <li>- Eficiencia en las operaciones de navegación.</li> <li>- Medidas.</li> <li>- Instalación.</li> <li>- Seguridad.</li> <li>- Plan preventivo.</li> </ul> | <p><b>Tipo Investigación:</b><br/>Básica</p> <p><b>Diseño:</b><br/>No experimental.</p> <p><b>Alcance:</b><br/>Correlacional – causal.</p> <p><b>De enfoque:</b><br/>Cuantitativo.</p> <p><b>Población:</b><br/>20 Oficiales de un buque granelero de una empresa naviera.</p> <p><b>Muestra:</b><br/>Tipo censal, 20 Oficiales de un buque granelero de una empresa naviera.</p> |
| PROBLEMAS ESPECÍFICOS   | OBJETIVOS ESPECÍFICOS   | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS  |   |  |   |
| 1. ¿De qué manera los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020? | 1. Determinar de qué manera los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020. | 1. Los componentes del sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020. |   |  |   |

|  |  |   |  |   |   |
|--|--|---|--|---|---|
| <p>2. ¿De qué manera el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard" influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020?</p>               | <p>2. Determinar de qué manera el funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard" influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.</p>               | <p>2. El funcionamiento y operación del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard" influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.</p>               | <p><b>Variable dependiente:</b><br/>Prevención de la contaminación del ecosistema marino.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos asociados a las descargas de agua de lastre.</li> <li>• Rol de Inspección.</li> <li>• Regulaciones.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presencia de especies nocivas.</li> <li>- Limpieza de tanques de lastre.</li> <li>- Zonas Potencialmente Peligrosas.</li> <li>- Tiempo de inspección.</li> <li>- Registros de lastre y deslastre.</li> <li>- Reconocimientos y certificaciones.</li> <li>- Acatamiento de prescripciones.</li> <li>- Convenio internacional.</li> <li>- Normativa nacional.</li> </ul> | <p><b>Técnica:</b><br/>Encuesta</p> <p><b>Instrumento:</b><br/>Cuestionario con escala de Likert.</p> |
| <p>3. ¿De qué manera los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard" influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020?</p> | <p>3. Determinar de qué manera los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard" influyen en la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.</p> | <p>3. Los requerimientos técnicos y mantenimiento del sistema de gestión del agua de lastre "Ocean Guard" influyen significativamente con la prevención de la contaminación del ecosistema marino en un buque granelero de una empresa naviera, año 2020.</p> |  |   |   |

## Anexo 2. Instrumento de recolección de datos



**ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE**  
**“ALMIRANTE MIGUEL GRAU”**  
 PROGRAMA ACADÉMICO DE MARINA MERCANTE

**“SISTEMA DE GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE “OCEAN GUARD” Y SU INFLUENCIA EN LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA MARINO EN UN BUQUE GRANELERO DE UNA EMPRESA NAVIERA, AÑO 2020”**

### INSTRUMENTO

#### SISTEMA DE GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE “OCEAN GUARD”.

Estimado Colaborador: Después de haber sido informado adecuadamente sobre el propósito científico de nuestra encuesta., agradeceremos su colaboración respondiendo cada una de las preguntas. Para ello, sírvase llenar el recuadro de datos y dar respuesta a las preguntas formuladas en base a las siguientes opciones:

| Totalmente en desacuerdo | En desacuerdo | Ni de acuerdo, ni en desacuerdo | De acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|--------------------------|---------------|---------------------------------|------------|-----------------------|
| 1                        | 2             | 3                               | 4          | 5                     |

| Ítems  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|---|
| <b>Dimensión: Componentes</b>  |   |   |   |   |   |
| 1. ¿En el buque granelero los equipos del sistema de aguas de lastre “Ocean Guard” están instalados en espacios aptos para sus características y manipulación oportuna?                            |   |   |   |   |   |
| 2. ¿El buque granelero cuenta con los equipos y sistemas de gestión de agua de lastre suficientes para su operación y maniobra?  |   |   |   |   |   |
| 3. ¿Las características de la Unidad EUT del sistema de gestión de agua de lastre “Ocean Guard” permite su ubicación rápida sin interferir con los requerimientos principales del buque?           |   |   |   |   |   |
| 4. ¿La estructura del filtro del sistema “Ocean Guard” permite retrolavarse y acelerar la eficiencia de filtrado conforme la cantidad de agua lastrada por el buque granelero?                     |   |   |   |   |   |
| 5. ¿La Unidad de Control permite inspeccionar efectivamente todas las funciones del BWMS, recolectando y procesando todas las señales sin interrupciones que conlleven a su control manual?        |   |   |   |   |   |
| 6. ¿El medidor TRO y la unidad de neutralización es fácil de operar para los oficiales encargados de examinar si se cumple con los niveles establecidos de sustancias activas en el agua lastrada? |   |   |   |   |   |
| 7. ¿Los equipos que integran el sistema del agua de lastre “Ocean Guard” generan una cantidad de interferencia con las operaciones normales del buque y los viajes?                                |   |   |   |   |   |
| <b>Dimensión: Funcionamiento y operación</b>   |   |   |   |   |   |
| 8. ¿En los procesos de lastre y deslastre el sistema “Ocean Guard” brinda un rendimiento adecuado  |   |   |   |   |   |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| permitiendo una operación óptima al buque granelero?  |  |  |  |  |  |
| 9. ¿Considera Usted, qué el sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” es un equipo fácil de manejar y/o operar?   |  |  |  |  |  |
| 10. ¿Cree usted que el sistema de aguas de lastre “Ocean Guard” elimina y depura todas las partículas e impurezas dispuestas en el agua lastrada?                                       |  |  |  |  |  |
| 11. ¿La automatización del sistema de agua de lastre “Ocean Guard” le confiere seguridad en las operaciones ante cualquier falla de voltaje en el buque granelero?                      |  |  |  |  |  |
| 12. ¿La funcionalidad del sistema se considera practica y fácil de manejar desde la monitorización de tan solo un equipo que integra los datos y señales de todos sus componentes?      |  |  |  |  |  |
| 13. ¿El sistema del agua de lastre “Ocean Guard” ha sido eficiente en las operaciones de navegación que requiere el buque granelero en su maniobra brindándole estabilidad y seguridad? |  |  |  |  |  |
| 14. ¿El sistema del agua de lastre “Ocean Guard” refiere un costo de funcionamiento para la empresa por tener que adquirir productos durante el empleo de su tecnología?                |  |  |  |  |  |
| <b>Dimensión: Requerimientos técnicos y mantenimiento</b>   |  |  |  |  |  |
| 15. ¿Los equipos del sistema del agua de lastre “Ocean Guard” están instalados en el buque acorde a las exigencias y requerimientos del fabricante?                                     |  |  |  |  |  |
| 16. ¿La instalación de los equipos que integran el sistema “Ocean Guard” contemplan espacios suficientes dentro del buque para su operación y mantenimiento?                            |  |  |  |  |  |
| 17. ¿Los oficiales del buque conocen las medidas preventivas de seguridad a considerar para realizar alguna actividad de mantenimiento al equipo?                                       |  |  |  |  |  |
| 18. ¿Las tuberías que integran el sistema de aguas de lastre “Ocean Guard” cuentan con medidores de flujo y están dispuestas evitando codos para garantizar su buen funcionamiento?     |  |  |  |  |  |
| 19. ¿El sistema del agua de lastre “Ocean Guard” atenta contra la integridad estructural del buque y representa un grado de dificultad para su instalación?                             |  |  |  |  |  |
| 20. ¿El buque cuenta con un plan de mantenimiento preventivo al sistema del agua de lastre en pro de garantizar su buen funcionamiento?   |  |  |  |  |  |

**Gracias por su colaboración...!**



**ESCUELA NACIONAL DE MARINA MERCANTE**  
**“ALMIRANTE MIGUEL GRAU”**  
 PROGRAMA ACADÉMICO DE MARINA MERCANTE

**“SISTEMA DE GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE “OCEAN GUARD” Y SU INFLUENCIA EN LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA MARINO EN UN BUQUE GRANELERO DE UNA EMPRESA NAVIERA, AÑO 2020”**

**INSTRUMENTO**

**PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL ECOSISTEMA MARINO**

Estimado Colaborador: Después de haber sido informado adecuadamente sobre el propósito científico de nuestra encuesta., agradeceremos su colaboración respondiendo cada una de las preguntas. Para ello, sírvase llenar el recuadro de datos y dar respuesta a las preguntas formuladas en base a las siguientes opciones:

| Totalmente en desacuerdo | En desacuerdo | Ni de acuerdo, ni en desacuerdo | De acuerdo | Totalmente de acuerdo |
|--------------------------|---------------|---------------------------------|------------|-----------------------|
| 1                        | 2             | 3                               | 4          | 5                     |

| Ítems  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|---|
| <b>Dimensión: Riesgos asociados a las descargas de agua de lastres</b>   |   |   |   |   |   |
| 1.- ¿Considera usted que el traslado de una especie fuera de su área de distribución natural, mediante la liberación en una nueva localidad por el agua de lastre represente un riesgo al ecosistema marino? |   |   |   |   |   |
| 2.- ¿Las probabilidades de invasión de especies nocivas están fuertemente asociadas a los vectores de contaminación mediante la descarga de agua de lastre?  |   |   |   |   |   |
| 3.- ¿Cree usted que las especies con características nocivas y resistentes pueden llegar a causar impactos económicos, ecológicos o sanitarios en el nuevo ambiente debido a la descarga del agua de lastre? |   |   |   |   |   |
| 4.- ¿La limpieza de los tanques incide mayormente en la eliminación de las especies nocivas en el manejo del agua de lastre?   |   |   |   |   |   |
| 5.- ¿Considera riesgoso que el buque cargue agua para el lastre, en una Zona Potencialmente Peligrosa, para luego descárgala en un puerto destino?   |   |   |   |   |   |
| <b>Dimensión: Rol de inspección</b>  |   |   |   |   |   |
| 6.- ¿Considera que la inspección mediante el muestreo del agua de lastre se realiza con frecuencia para prevenir la contaminación marina por parte del buque?  |   |   |   |   |   |
| 7.- ¿Los registros de lastre y deslastre se llevan de una manera exhaustiva en el buque?   |   |   |   |   |   |
| 8.- ¿Cree usted que se realiza el cambio de agua de lastre a bordo en un 100% del volumen total?   |   |   |   |   |   |
| 9.- ¿Se cumplen cabalmente con las Certificaciones Nacionales e Internacionales sobre el sistema del   |   |   |   |   |   |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| agua de lastre y sedimentos y cumplir ante cualquier inspección?  |  |  |  |  |  |
| 10.- ¿La tripulación está familiarizada con los procedimientos fundamentales para la certificación en relación con la gestión del agua de lastre?   |  |  |  |  |  |
| <b>Dimensión: Regulaciones</b>  |  |  |  |  |  |
| 11.- ¿Considera que la finalidad de implementar la gestión de aguas de lastre en los buques mercantes favorece significativamente la prevención de la contaminación marina?                 |  |  |  |  |  |
| 12.- ¿Cree usted que los buques que realizan cabotaje están obligados a cumplir con el convenio para el acatamiento de prescripciones regulatorias en cuanto al agua de lastre?             |  |  |  |  |  |
| 13.- ¿El cambio de lastre ( <i>Water Ballast Exchange</i> ) se realiza de acuerdo a las normas internacionales?   |  |  |  |  |  |
| 14.- ¿Cree usted que el buque cumple a cabalidad con la normativa de gestión de aguas de lastre dispuestas para los buques mercantes?   |  |  |  |  |  |
| 15.- ¿Considera usted que los entes rectores nacionales toman las medidas pertinentes al detectar contaminación por muestreo en las aguas de lastre de un buque proveniente del extranjero? |  |  |  |  |  |

**Gracias por su colaboración...!**

### Anexo 3. Fichas de validación del instrumento

---

#### FICHA DATOS DEL EXPERTO

**Nombre completo** : JONATHAN ALBERTO CACERES ARONES  
**Profesión** : MARINO MERCANTE (JEFE DE MAQUINAS)  
**Grado académico** : SUPERIOR

**Características que lo determinan como experto:**

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

- Oficial de la marina mercante del Perú DI-46182285-JM, con el grado de Jefe de máquinas, con una experiencia de 10 años navegando en buques gaseros LNG, actualmente abordo en el buque Castillo de Mérida en la empresa naviera Elcano. Considero que las preguntas están acorde al trabajo de investigación.



---

Firma  
DNI: 46182285

---

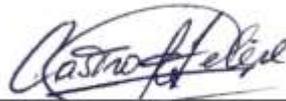
**FICHA  
DATOS DEL EXPERTO**

**Nombre completo** : FELIPE RONALD CASTRO GONZALES  
**Profesión** : MARINO MERCANTE (JEFE DE MAQUINAS)  
**Grado académico** : SUPERIOR

**Características que lo determinan como experto:**

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

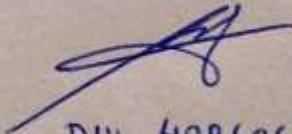
- Grado o título de bachiller en ciencias marítimas, fecha de diploma 25/08/2010 en la escuela nacional de la marina mercante "ALMIRANTE MIGUEL GRAU".
- Grado o título como oficial de máquinas de la marina mercante del Perú, fecha de diploma 25/01/2005 en la escuela nacional de la marina mercante "AMIRANTE MIGUEL GRAU".
- Actualmente abordo en el buque Castillo de Monterreal en la empresa naviera Elcano.
- Número de matrícula DI-16118-04-JM.
- Experiencia: 15 años abordo en buques Petroleros y Quimiqueros.



---

Firma  
DNI: 41552490

FICHA  
DATOS DEL EXPERTO

|   |                            |   |  |
|---|----------------------------|---|--|
| Nombre completo   | MARCO CHERRE GRAUS         | : |  |
| Profesión   | OFICIAL DE MARINA MERCANTE | : |  |
| Grado académico   | SUPERIOR                   | : |  |
| Características que lo determinan como experto:   |                            |   |  |
| <p>Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.</p> <p>SOY JEFE DE MAQUINAS CON 16 AÑOS DE EXPERIENCIA EN BUQUES DE ALTAMAR DE LOS CUALES LOS ULTIMOS 5 AÑOS HE OPERADO Y REALIZADO MANTENIMIENTO AL SISTEMA BWTS DE OCEANWARD.<br/>REVISANDO LA MATRIZ CONSIDERO QUE SE ENCUENTRAN BIEN REALIZADAS LAS PREGUNTAS PARA LA TESIS</p> |                            |   |  |
| <br>DNI 40960628  |                            |   |  |

Firma  
DNI:

---

FCHA  
DATOS DEL EXPERTO

Nombre completo : JUAN PABLO HERRERA BARRIOS  
Profesión : OFICIAL DE MARINA MERCANTE  
Grado académico : SUPERIOR.

**Características que lo determinan como experto:**

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

COMO OFICIAL DE MARINA MERCANTE EN LA ESPECIALIDAD DE MAQUINAS, CON EXPERIENCIA DE 10 AÑOS EN BUQUES MERCANTES GRANLEROS Y PETROLEROS, Y CON 5 AÑOS DE EXPERIENCIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUNTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE LASTRE, CONSIDERO QUE EL CUESTIONARIO REALIZADO ES ACORDE CON LA TESIS.



---

Firma  
DNE 43797530

---

**FICHA  
DATOS DEL EXPERTO**

**Nombre completo** : José Martín Gil López

**Profesión** : Docente

**Grado académico** : Magister

**Características que lo determinan como experto:**

Se hace una breve síntesis de su experiencia docente o profesional que esté relacionada con la variable a validar, también se puede indicar la experiencia en el ámbito de la investigación o en la elaboración de instrumentos. Se incluye cualquier otra información que sea relevante para caracterizarlo como experto.

- *Magister en Didáctica Extranjera.*
- *Licenciado en Educación en la especialidad de Inglés.*
- *Diplomado en formación de competencias en investigación para docentes de investigadores noveles en la Universidad Peruana Cayetano Heredia. (Escuela de Post Grado)*
- *Curso de Formación para Instructores (Convenio STCW)*
- *Capacitación en investigación, redacción científica y registro orientado a mejorar las capacidades de investigación de los docentes y e registro de sus publicaciones. (Universidad Católica Sedes-Sapientiae)*



---

Firma  
DNI: 07643840  
Fecha: 23 de enero de 2021

## Anexo 4. Prueba Piloto Confiabilidad

Fiabilidad de la variable X: Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

| Encuestado | Variable X: Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard” |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | X1  | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 | X17 | X18 | X19 | X20 |
| 1          | 5   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 4   | 5   |
| 2          | 5   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4   | 3   | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   |
| 3          | 4   | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| 4          | 4   | 4  | 5  | 3  | 3  | 4  | 5  | 5  | 4  | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 5   | 3   | 5   | 4   | 4   | 4   |
| 5          | 3   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 5   | 3   | 3   | 4   | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| 6          | 3   | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 3  | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 5   | 5   | 4   | 5   |
| 7          | 3   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   |
| 8          | 4   | 5  | 5  | 5  | 3  | 5  | 4  | 4  | 5  | 5   | 4   | 4   | 4   | 5   | 5   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   |
| 9          | 5   | 3  | 5  | 4  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5   | 4   | 5   | 4   | 5   | 3   | 3   | 4   | 5   | 4   | 3   |
| 10         | 4   | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 3   | 3   | 4   | 5   | 4   | 3   |

### Resumen de procesamiento de casos

|                       | N  | %     |
|-----------------------|----|-------|
| Casos Válido          | 10 | 100,0 |
| Excluido <sup>a</sup> | 0  | ,0    |
| Total                 | 10 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

### Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| ,882             | 20             |

**Fiabilidad de la variable Y: Prevención de la contaminación del ecosistema marino.**

| Encuestado | Variable Y: Prevención de la contaminación del ecosistema marino |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
|------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | Y1   | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 | Y8 | Y9 | Y10 | Y11 | Y12 | Y13 | Y14 | Y15 |
| 1          | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5   | 2   | 5   | 5   | 5   |
| 2          | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 4  | 3  | 3  | 3   | 5   | 3   | 3   | 3   | 1   |
| 3          | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 3   | 2   | 4   | 4   | 3   |
| 4          | 5  | 5  | 5  | 3  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4   | 5   | 2   | 4   | 4   | 3   |
| 5          | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 3  | 4  | 4  | 4   | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   |
| 6          | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 5  | 4  | 5   | 4   | 3   | 4   | 5   | 3   |
| 7          | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   |
| 8          | 4  | 3  | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3   | 5   | 4   | 4   | 4   | 3   |
| 9          | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3   | 3   | 2   | 4   | 3   | 3   |
| 10         | 5  | 3  | 5  | 4  | 3  | 3  | 5  | 4  | 4  | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   |

*Resumen de procesamiento de casos*

|                       | N  | %     |
|-----------------------|----|-------|
| Casos Válido          | 10 | 100,0 |
| Excluido <sup>a</sup> | 0  | ,0    |
| Total                 | 10 | 100,0 |

*Estadísticas de fiabilidad*

| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| ,848             | 15             |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

## Anexo 5. Base de Datos

### Base de datos variable X: Sistema de gestión del agua de lastre “Ocean Guard”.

| Encuestado | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | Puntaje X1 | Componentes | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | Puntaje X2 | Funcionamiento<br>y operación | X15 | X16 | X17 | X18 | X19 | X20 | Puntaje X3 | Requerimientos<br>técnicos y<br>mantenimiento | Puntaje X | Sistema de gestión<br>del agua de lastre<br>“Ocean Guard” |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|------------|-------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|---|-----------|---|
| 1          | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 34         | 3           | 5  | 5  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 35         | 3                             | 5   | 5   | 5   | 5   | 4   | 5   | 29         | 3   | 98        | 3   |
| 2          | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 34         | 3           | 4  | 4  | 4   | 3   | 4   | 3   | 3   | 25         | 2                             | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 3   | 23         | 3   | 82        | 3   |
| 3          | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 4  | 25         | 2           | 3  | 4  | 3   | 3   | 3   | 4   | 4   | 24         | 2                             | 3   | 3   | 4   | 3   | 4   | 4   | 21         | 2   | 70        | 2   |
| 4          | 4  | 4  | 5  | 3  | 3  | 4  | 5  | 28         | 3           | 5  | 4  | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 28         | 3                             | 5   | 3   | 5   | 4   | 4   | 4   | 25         | 3   | 81        | 3   |
| 5          | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 28         | 3           | 4  | 3  | 5   | 3   | 3   | 4   | 4   | 26         | 3                             | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 24         | 3   | 78        | 3   |
| 6          | 4  | 5  | 5  | 5  | 3  | 5  | 4  | 31         | 3           | 4  | 3  | 5   | 5   | 4   | 5   | 5   | 31         | 3                             | 4   | 3   | 5   | 5   | 4   | 5   | 26         | 3   | 88        | 3   |
| 7          | 5  | 5  | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  | 32         | 3           | 4  | 4  | 4   | 3   | 4   | 5   | 3   | 27         | 3                             | 3   | 4   | 5   | 4   | 4   | 3   | 23         | 3   | 82        | 3   |
| 8          | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 24         | 2           | 5  | 4  | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 28         | 3                             | 4   | 4   | 5   | 5   | 4   | 3   | 25         | 3   | 77        | 3   |
| 9          | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  | 4  | 27         | 3           | 5  | 4  | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 28         | 3                             | 4   | 5   | 4   | 5   | 4   | 4   | 26         | 3   | 81        | 3   |
| 10         | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  | 31         | 3           | 4  | 4  | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 29         | 3                             | 4   | 3   | 4   | 4   | 3   | 3   | 21         | 2   | 81        | 3   |
| 11         | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 30         | 3           | 4  | 3  | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 25         | 2                             | 4   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 22         | 3   | 77        | 3   |
| 12         | 4  | 3  | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 31         | 3           | 3  | 5  | 4   | 5   | 5   | 4   | 4   | 30         | 3                             | 5   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 24         | 3   | 85        | 3   |
| 13         | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 24         | 2           | 4  | 3  | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 25         | 2                             | 3   | 3   | 4   | 5   | 4   | 3   | 22         | 3   | 71        | 2   |
| 14         | 5  | 3  | 5  | 4  | 5  | 4  | 5  | 31         | 3           | 5  | 5  | 5   | 4   | 5   | 4   | 5   | 33         | 3                             | 4   | 5   | 4   | 4   | 3   | 5   | 25         | 3   | 89        | 3   |
| 15         | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 24         | 2           | 3  | 3  | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 24         | 2                             | 3   | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 21         | 2   | 69        | 2   |
| 16         | 4  | 5  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 28         | 3           | 3  | 4  | 4   | 4   | 4   | 5   | 4   | 28         | 3                             | 4   | 4   | 3   | 4   | 3   | 4   | 22         | 3   | 78        | 3   |
| 17         | 4  | 5  | 4  | 5  | 3  | 5  | 5  | 31         | 3           | 4  | 4  | 4   | 3   | 4   | 5   | 4   | 28         | 3                             | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 4   | 29         | 3   | 88        | 3   |
| 18         | 5  | 4  | 4  | 5  | 4  | 5  | 4  | 31         | 3           | 4  | 3  | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 26         | 3                             | 4   | 4   | 3   | 4   | 4   | 4   | 23         | 3   | 80        | 3   |
| 19         | 5  | 3  | 5  | 4  | 5  | 4  | 5  | 31         | 3           | 4  | 5  | 5   | 4   | 4   | 4   | 5   | 31         | 3                             | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 24         | 3   | 86        | 3   |
| 20         | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  | 4  | 4  | 28         | 3           | 4  | 3  | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   | 26         | 3                             | 3   | 5   | 4   | 5   | 4   | 4   | 25         | 3   | 79        | 3   |

**Base de datos variable Y: Prevención de la contaminación del ecosistema marino.**

| Encuestado | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Puntaje Y1 | Riesgos asociados a las descargas de agua de lastre | Y6 | Y7 | Y8 | Y9 | Y10 | Puntaje Y2 | Rol de Inspección | Y11 | Y12 | Y13 | Y14 | Y15 | Puntaje Y3 | Regulaciones | Puntaje Y | Prevención de la contaminación del ecosistema marino |
|------------|----|----|----|----|----|------------|---|----|----|----|----|-----|------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|--------------|-----------|--|
| 1          | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 25         | 3   | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 25         | 3                 | 5   | 2   | 5   | 5   | 5   | 22         | 3            | 72        | 3  |
| 2          | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 24         | 3   | 5  | 4  | 3  | 3  | 3   | 18         | 3                 | 5   | 3   | 3   | 3   | 1   | 15         | 2            | 57        | 3  |
| 3          | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 17         | 2   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 20         | 3                 | 3   | 2   | 4   | 4   | 3   | 16         | 2            | 53        | 2  |
| 4          | 5  | 5  | 5  | 3  | 3  | 21         | 3   | 4  | 4  | 3  | 4  | 4   | 19         | 3                 | 5   | 2   | 4   | 4   | 3   | 18         | 3            | 58        | 3  |
| 5          | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 21         | 3   | 5  | 3  | 4  | 4  | 4   | 20         | 3                 | 4   | 4   | 5   | 4   | 4   | 21         | 3            | 62        | 3  |
| 6          | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  | 22         | 3   | 4  | 5  | 5  | 4  | 5   | 23         | 3                 | 4   | 4   | 3   | 3   | 5   | 19         | 3            | 64        | 3  |
| 7          | 5  | 3  | 5  | 4  | 3  | 20         | 3   | 4  | 4  | 3  | 4  | 3   | 18         | 3                 | 4   | 4   | 3   | 3   | 3   | 17         | 2            | 55        | 3  |
| 8          | 5  | 5  | 5  | 4  | 4  | 23         | 3   | 5  | 3  | 4  | 3  | 4   | 19         | 3                 | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 20         | 3            | 62        | 3  |
| 9          | 4  | 3  | 5  | 3  | 4  | 19         | 3   | 4  | 4  | 5  | 5  | 4   | 22         | 3                 | 4   | 4   | 3   | 4   | 3   | 18         | 3            | 59        | 3  |
| 10         | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 16         | 2   | 4  | 3  | 4  | 3  | 3   | 17         | 2                 | 3   | 2   | 4   | 3   | 3   | 15         | 2            | 48        | 2  |
| 11         | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 21         | 3   | 3  | 5  | 4  | 4  | 4   | 20         | 3                 | 5   | 4   | 4   | 4   | 3   | 20         | 3            | 61        | 3  |
| 12         | 4  | 3  | 5  | 4  | 4  | 20         | 3   | 5  | 4  | 4  | 4  | 3   | 20         | 3                 | 4   | 3   | 4   | 5   | 3   | 19         | 3            | 59        | 3  |
| 13         | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 16         | 2   | 4  | 4  | 3  | 5  | 4   | 20         | 3                 | 3   | 3   | 4   | 4   | 4   | 18         | 3            | 54        | 2  |
| 14         | 4  | 5  | 4  | 4  | 3  | 20         | 3   | 4  | 4  | 3  | 4  | 5   | 20         | 3                 | 5   | 3   | 4   | 4   | 4   | 20         | 3            | 60        | 3  |
| 15         | 4  | 3  | 4  | 3  | 5  | 19         | 3   | 4  | 3  | 4  | 3  | 3   | 17         | 2                 | 5   | 3   | 5   | 4   | 4   | 21         | 3            | 57        | 3  |
| 16         | 5  | 4  | 5  | 3  | 5  | 22         | 3   | 4  | 5  | 4  | 4  | 4   | 21         | 3                 | 4   | 5   | 2   | 3   | 4   | 18         | 3            | 61        | 3  |
| 17         | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 22         | 3   | 3  | 4  | 4  | 4  | 4   | 19         | 3                 | 5   | 4   | 4   | 4   | 4   | 21         | 3            | 62        | 3  |
| 18         | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 22         | 3   | 4  | 4  | 4  | 4  | 4   | 20         | 3                 | 3   | 4   | 4   | 5   | 3   | 19         | 3            | 61        | 3  |
| 19         | 3  | 5  | 5  | 3  | 5  | 21         | 3   | 5  | 5  | 3  | 5  | 4   | 22         | 3                 | 2   | 4   | 3   | 4   | 5   | 18         | 3            | 61        | 3  |
| 20         | 5  | 5  | 4  | 4  | 5  | 23         | 3   | 3  | 4  | 5  | 3  | 4   | 19         | 3                 | 4   | 5   | 4   | 4   | 4   | 21         | 3            | 63        | 3  |