

**ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DE EFLUENTES LÍQUIDOS EN LAS
EMBARCACIONES MARÍTIMAS TIPO FRAGATA DE LA ARMADA NACIONAL**

YUDIS E. VILLALOBOS SALGADO

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.
2011**

**ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DE EFLUENTES LÍQUIDOS EN LAS
EMBARCACIONES MARÍTIMAS TIPO FRAGATA DE LA ARMADA NACIONAL**

**MONOGRAFÍA DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

YUDIS E. VILLALOBOS SALGADO

**PhD, MSc, ME BIENVENIDO SARRIA LÓPEZ
DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.
2011**

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena de Indias, Mayo de 2011.

Cartagena de Indias D. T. y C., Mayo de 2011

Señores:
Comité Evaluador

Respetados Señores:

Tengo el agrado de presentar a su consideración la monografía del cual me desempeño como director, titulado “**ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DE EFLUENTES LÍQUIDOS EN LAS EMBARCACIONES MARÍTIMAS TIPO FRAGATA DE LA ARMADA NACIONAL**” desarrollada por la estudiante YUDIS VILLALOBOS SALGADO, como requisito para obtener el título de INGENIERO MECÁNICO.

Atentamente,

BIENVENIDO SARRIA LÓPEZ, PhD, MSc, ME
Director

Cartagena de Indias D. T. y C., Mayo de 2011

Señores:
Comité Evaluador

Respetados Señores:

Con mucha atención me dirigió a ustedes para presentar la monografía titulada:
“ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DE EFLUENTES LÍQUIDOS EN LAS EMBARCACIONES MARÍTIMAS TIPO FRAGATA DE LA ARMADA NACIONAL”
para su estudio y evaluación como requisito fundamental para obtener el título INGENIERO MECÁNICO.

En espera que esta cumpla con las normas pertinentes establecidas por la institución.

Atentamente,

YUDIS VILLALOBOS SALGADO
C.C. 45.541.380 de Cartagena

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 DESCRIPCIÓN	13
1.1.1 Formulación del problema	16
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo General	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 JUSTIFICACIÓN	17
1.4 METODOLOGÍA	18
1.4.1 Técnicas de recolección de datos	18
1.4.2 Fuentes secundarias	19
1.5 PROCESO METODOLÓGICO	19
2. MARCO REFERENCIAL	20
2.1 MARCO TEÓRICO	20
2.1.1 Aguas Lluvias	22
2.1.2 Aguas Lastes	22
2.1.3 Aguas Residuales	31
2.1.4 Aguas de Sentina	35
2.2 MARCO LEGAL	36
2.2.1 Normas ambientales actuales	36
2.2.2 Normatividad Internacional	37

3. TRATAMIENTOS Y MAQUINARIA APLICADO PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS MARES	39
3.1 TRATAMIENTOS PARA AGUAS LASTRES	39
3.1.1 Sistema de filtradores	39
3.1.2 Biocidas oxidantes y no oxidantes	40
3.1.3 Técnicas termales	40
3.1.4 Pulsos eléctricos y pulsos de plasma	40
3.1.5 Tratamiento ultravioleta	41
3.1.6 Sistemas acústicos	41
3.1.7 Campo magnético	41
3.1.8 Técnica desoxigenación	42
3.1.9 Técnica biológicas	42
3.1.10 Revestimiento antiadherente	42
3.2 TRATAMIENTOS PARA AGUAS SENTINA	42
3.2.1 Separadores petróleo-aguas (SP-A)	43
3.2.2 Separadores centrífugos	45
3.2.3 Separadores DF (Dissolved Air Flotation)	45
3.2.4 Separadores físicos: filtros hidrofóbicos	45
3.2.5 Filtración por membrane (Ultrafiltración)	46
3.2.6 Oxidación química	46
3.2.7 Tratamientos biológicos	47
3.3 PLANTAS UTILIZADAS EN LOS TRATAMIENTOS DE EFLUENTES	47
3.3.1 Planta Fisicoquímica	47
3.3.2 Plantas biológicas	50
3.3.3 Planta electro-catalíticas	54
3.3.4 Instalaciones Mecánicas y eléctricas de los sistemas de las plantas	57
3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA NUEVA PLANTA	59
3.5 PLANOS DE SISTEMAS EN UNA EMBARCACIÓN TIPO FRAGATA DE LA ARMADA NACIONAL	67
3.5.1 Sistema de Achique	67

3.5.2 Sistema de agua de lastre	67
3.5.3 Sistema de Aguas Residuales	69
4. ASPECTOS ECONÓMICOS	70
4.1 PROPUESTAS ANALIZADAS	71
4.2 ANÁLISIS DE OFERTAS	72
4.2.1 Propuesta de la marca REDFOX	72
4.2.2 Propuesta de la marca DETEGASA	72
4.2.3 Propuesta de la marca Ocean Clean	73
4.2.4 Propuesta 2 de la marca Ocean Clean	75
4.2.5 Propuesta de la marca GERTSEN OLUFSEN	77
4.2.6 Propuesta de la marca OMNIPURE	78
4.3 RESULTADOS	79
CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFIA	83
ANEXOS	84

LISTADO DE FIGURAS

	Págs
Figura 1. Enfoque piramidal en el manejo de efluentes	14
Figura 2. Sección transversal de los buques tanques lastes y ciclo	23
Figura 3. Daños en estructuras marinas	24
Figura 4. Ejemplares de mejillón cebra, almeja china	26
Figura 5. Cangrejo verde europeo	26
Figura 6. Estrella de mar	27
Figura 7. Gobio redondo	28
Figura 8. Acerina	29
Figura 9. Alga asesina	30
Figura 10. Vertido de aguas residuales directamente al mar	33
Figura 11. Ubicación del tanque de sentina	36
Figura 12. Separador de petróleo – agua	43
Figura 13 Planta Físico Química	49
Figura 14. Planta biológica	52
Figura 15. Planta tratamiento biológico de aguas residuales	63
Figura 16. Sistema de Achique	67
Figura 17. Sistema agua residuales	69
Figura 18. Planta REDFOZ RF 200 FP – Instalada	72
Figura 19. Planta DETEGASA PRS70-W – Instalada	73
Figura 20. Planta Ocean Clean KD-80 – Instalada	74
Figura 21. Planta Ocean Clean KD-100-V Instalada	76
Figura 22, Planta GERTSEN OLUFSEN MBR 125 BG-V-STP Instalada	78
Figura 23. Planta OMNIPURE 120 MXMP – Instalada	79

LISTADO DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. Tipo de tratamientos	39
Tabla 2. Cálculo del volumen diario a tratar	71
Tabla 3. Listado de oferentes y modelos	71
Tabla 4. Pesos y dimensiones	72
Tabla 5. Requerimientos para cumplir con la norma	80

INTRODUCCIÓN

De las 5.400 millones de toneladas de mercancías que se mueven cada año en el mundo, 2.000 corresponden a crudo y productos del petróleo. Los vertimientos por esta actividad del sector de hidrocarburos hacia el mar, y las proporciones de daño son bastantes considerables.

Ante esta clase de catástrofes y otras actividades marítimas y fluviales en contra el medio ambiente, se han desarrollado en la actualidad una serie de normas y leyes nacionales e internacionales, que pretenden disminuir el impacto ambiental que producen los equipos de transporte fluvial y marítimo.

El propósito de implementar un mejor proceso de tratamiento o almacenamiento de los efluentes que son vertidos en los mares y los que son descargados en dique es disminuir la contaminación que producen los diferentes equipos o maquinaria de las embarcaciones marinas.

El cuidado del medio ambiente y la conservación del entorno son hoy objetivos irrenunciables para cualquier organización. Se involucra decididamente por el respecto al medio y al cumplimiento de los protocolos internacionales de protección.

En las embarcaciones marítimas se mantienen un esfuerzo permanente para el estricto cumplimiento del Convenio MARPOL¹. Los efluentes de las embarcaciones se procesan de acuerdo a esta norma internacional en la cual especifica que los hidrocarburos, aguas de sentina o mezclas oleosas deben ser transportados a tierra y retirados por una empresa autorizada para su tratamiento.

¹ MARPOL, Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques.

El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, también llamado Convenio MARPOL, es el instrumento jurídico internacional encargado de prevenir la contaminación del medio marino producida por buques ya sea en el normal transcurso de sus actividades económicas o por accidentes marítimos.

La Convención comprende una serie de reglas que tienden a prevenir a la vez que minimizar la contaminación de buques incluyendo seis diferenciados anexos: primero, reglas para la prevención de contaminación producida por aceites; segundo, reglas para el control de la contaminación por sustancias líquidas contaminantes a granel; tercero, prevención de contaminación por sustancias peligrosas transportadas por mar; cuarto, prevención de contaminación por aguas residuales de buques; quinto, prevención de contaminación por desechos de buques y sexto, prevención de contaminación del aire producida por buques, no estando éste último aun en vigor. Parece interesante resaltar en este punto que la Convención sólo establece como obligatorio para los Estados parte el aceptar los dos primeros anexos, dejando la aplicación de los restantes a la libre elección de los mismos².

La presente monografía, abarcará los distintos tipos de efluentes producidos por las embarcaciones marítimas, así como también, las consecuencias ambientales que esta con lleva a la partes marítima, sus posibles tratamientos y equipos indicados con tecnología necesaria para disminuir el impacto ambiental por los efluentes líquidos producidos por las embarcaciones marítimas.

Es por ello, que se pretende identificar cómo es posible evitar una mayor contaminación conforme a los estándares establecidos por las normas internacionales y nacionales.

² Una explicación podría versar en atraer a los Estados a ratificar la Convención, de modo que éstos no vieran en su adopción una carga demasiado pesada. Aun así, ni esta medida consiguió que el número necesario de Estados firmasen la Convención para que ésta pudiese entrar en vigor

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN

La Constitución Política en los artículos 8, 79 y 80 señala que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, de conservar las áreas de especial importancia ecológica, fomentar la educación para el logro de estos fines, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución (Constitución Política, 1991).

Que así mismo, en el artículo 8 y el numeral 8 del artículo 95 de la Constitución Política dispone que sea obligación de los particulares proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano (Constitución Política, 1991).

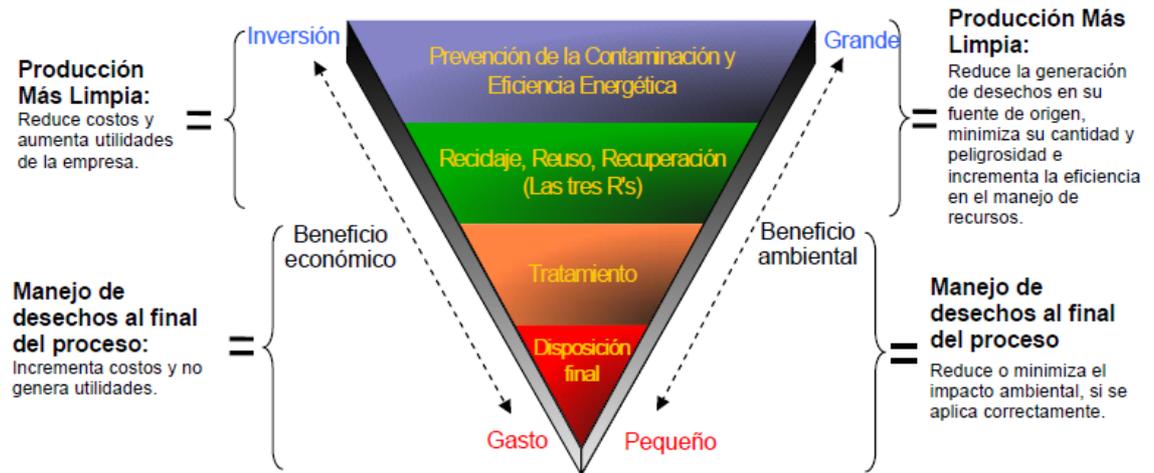
Bajo este mandato de ley, las entidades siempre buscan garantizar una calidad ambiental óptima, por lo que el saneamiento básico es uno de los objetivos gubernamentales para este fin.

La evolución de la temática ambiental en el manejo de efluentes ha tenido grandes cambios, debido a la conciencia ambiental que se ha creado y las presiones que ejerce hoy la sociedad en su conjunto.

Las técnicas del manejo de efluentes, también han ido evolucionando. Esquemáticamente, la Figura 1 ilustra lo que se ha denominado como “enfoque piramidal para el manejo de efluentes”, que consiste en agotar las soluciones basadas en prácticas de producción más limpia, antes de intentar el manejo de flujos de residuos como desechos al final del proceso de producción. Este último

consiste en realizar el tratamiento y la disposición final de residuos considerados como desechos.

Figura 1. Enfoque piramidal en el manejo de efluentes.



Fuente. **Internacional Standardization Organization (ISO)**, Sistemas de Gestión medioambiental, UNEEN ISO 14001:1996: Versión en español (1996).

Toda actividad genera residuos (sólidos, líquidos, gaseosos o una combinación de éstos) que deben ser tratados y dispuestos de manera que su impacto negativo a la salud humana y al medio ambiente sea el menor posible. Desde tiempos remotos, se ha buscado soluciones a los problemas de contaminación causados por las actividades del ser humano; empero, es a partir del inicio de la revolución industrial, que el problema se tornó más complejo y fue abordado desde diversas ópticas. Las actividades industriales, a lo largo de su evolución, han generado diversos problemas ambientales, por lo cual son seguidas muy de cerca por la sociedad y las autoridades en su desempeño frente al medio ambiente.

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.....” (Mara 1976).

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual (Mendonca 1987).

Así, de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como³:

- Domésticas: son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.
- Industriales: son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también

³ MARA Y CAIRNCROSS. (1990). Manejo y tratamiento de las diversas clases de efluentes. Editorial EDIR GM. p.34

aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.

- Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo

1.1.1 Formulación del problema

¿Cuál sería el impacto ambiental de los efluentes líquidos en las embarcaciones marítimas tipo fragata de la Armada Nacional?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Analizar el impacto ambiental producido por los diferentes efluentes marítimos de las embarcaciones tipo fragata de la Armada Nacional.

1.2.2 Objetivo Específicos

Identificar los diferentes efluentes líquidos producidos por embarcaciones marítimas, de acuerdo a sus respectivos tratados y normas legales vigentes en este tipo de actividades.

Investigar los diferentes tratamientos aplicados a los efluentes líquidos y el funcionamiento de las plantas de tratamientos utilizadas en estos casos específicos.

Establecer análisis debido al cambio de estas plantas de tratamiento en las embarcaciones tipo fragata de la Armada Nacional.

Proponer cuál (es) sería el mejor método o tratamiento para prevenir o disminuir el impacto ambiental en los mares.

1.3 JUSTIFICACION

En el tratamiento de los efluentes o aguas residuales provocadas por las embarcaciones marítimas es un reto de suma importancia ecológica, social y económica durante las próximas décadas.

Las empresas tanto públicas como privadas, al igual que las instituciones de gobierno y entes de investigación de desarrollo han iniciado esfuerzos para tratar el uso adecuado y tratamiento necesario de los efluentes producidos por las embarcaciones marítimas que surcan los mares, basándose en las normas tanto legales, como ambientales utilizadas en este tipo de casos específicos.

La mayoría de las embarcaciones marítimas no incorporan bajo ningún aspecto las normas legales vigentes debido a:

- No existe un enfoque integral del manejo de los efluentes de las embarcaciones marítimas para alcanzar el desarrollo sostenible.
- La mayoría de los proyectos existentes tienen como objetivo el saneamiento ambiental, más no el aprovechamiento de ese recurso.
- Poca participación activa de las personas para tratar los efluentes producidos en las embarcaciones marítimas, no permitiendo adoptar tecnología de acuerdo a las normas legales existentes.

- Muchas de las plantas de estabilización trabajan sobrecargadas y no cumplen con las funciones técnicas existentes, por eso, es importante establecer el tipo de plantas a utilizar como su forma de operación, ya que esto se encuentra ligado al mejoramiento de los sistemas de tratamiento.

La legislación en el tratamiento y uso de efluentes marítimos ocasionado por las embarcaciones, es aun limitado en la mayoría de los países. Sólo México y Perú cuentan con dispositivos legales que regulan el uso de esta actividad.

Es por ello, justificable la minimización de los factores que conllevan a la práctica de no potencializar y establecer protocolos en cuanto a que las embarcaciones marítimas tipo fragata de la Armada Nacional, viertan sus líquidos en la aguas sin ninguna clase de reglamentación específica, utilizando maquinaria no adecuada para este tipo de casos.

El impacto ambiental por lo tanto, es enorme, si se observa la clase de líquidos que se vierten a los mares sin contribuir efectivamente a reducir la contaminación de los mismos por causa de esta clase de vertientes, lo que ocasiona enfermedades de tipo hidrofecal.

1.4 METODOLOGÍA

La investigación llevada a cabo en esta monografía es de tipo descriptiva, ya que su objetivo es conocer las características, factores y procedimientos presentes en procesos como es el caso de los efluentes que son vertidos por embarcaciones marítimas tipo fragata de la Armada Nacional.

1.4.1 Técnicas de recolección de datos. El método de observación es el más adecuado, ya que por medio de visitas o de lugar de los hechos, se pueden percibir como ocurren los procesos que se presentan y que estaban planteados en

el estudio, definir los datos más importantes para el análisis de los resultados. Es una observación indirecta con el único propósito de recoger la información del trabajo propuesto.

1.4.2 Fuentes secundarias. Información escrita que ha sido recopilada de diversas fuentes bibliográficas, libros de consulta, internet

1.5 PROCESO METODOLÓGICO

- Realizar un diagnóstico para establecer los parámetros o variables del sistema actual de vertientes de aguas residuales de las embarcaciones marítimas a los mares.
- Medición y análisis de las variables de producción para establecer las interrelaciones existentes por medio del estudio de los procedimientos: *Producto y referencias, estudio de información histórica e información tiempo presente y futura.*
- Determinar el sistema más adecuado para la planeación, programación y control de la producción en las embarcaciones marítimas tipo fragata de la Armada Nacional.
- Realizar validación del sistema para comprobar la efectividad de la solución propuesta: *Verificar el cambio en el control es eficaz y eficiente.*
- Documentar el sistema de cómo funciona con el fin de garantizar su aplicabilidad: *Resultados esperados para el análisis del sistema más eficiente.*

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se hará una clasificación y descripción de los distintos efluentes líquidos que se pueden generar en las embarcaciones marinas tipo fragata de la Armada Nacional.

Los efluentes líquidos son residuos líquidos o residuos líquidos mezclados con sólidos; es una combinación de los líquidos o de los desechos arrastrados por los líquidos.

Cuadro 1. Clasificación General tipos de agua y su relación con el tipo de de embarcación

CLASIFICACION AGUA VS EMBARCACIONES		
Tipo de Agua	Descripción	Tipo embarcación
Agua potable	Puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades	Cualquiera
Agua Salada	Su concentración de sales es relativamente alta (más de 10000 mg/l)	Cualquiera
Agua salobre	Contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marica. La concentración disuelta está generalmente comprendida entre 1000 – 10000 mg/l.	Embarcaciones mediana
Agua dulce	Natural con una baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable	Cualquiera
Agua dura	Contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes	Cualquiera
Agua blandas	Sin dureza significativa	Cualquiera
Aguas negras	Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión,	Cualquiera

	de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que pueden estar presentes	
Aguas grises	Compuesta por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos y lavaderos	Cualquiera
Aguas residuales	Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por diversas instituciones, que contienen materia orgánica disuelta o suspendida	Embarcaciones grandes y medianas
Agua bruta	Agua que no ha recibido tratamiento ningún tipo.	Embarcaciones grandes y medianas
Aguas muertas	Aguas en estado de escasa o nula circulación, con déficit de oxígeno	Embarcaciones grandes y medianas
Agua alcalina	Agua cuyo PH es superior a 7	Embarcaciones grandes y medianas
Agua capilar	Se mantienen en el suelo por atracción molecular, formando una película en las paredes de la roca o en las partículas del suelo	Embarcaciones grandes
Agua de adhesión	Retenidas en el suelo por atracción molecular, formando una película en las paredes de las rocas o en las partículas del suelo	Embarcaciones grandes
Agua de gravedad	Agua en la zona no saturada que se mueve bajo la influencia de la fuerza de gravedad	Embarcaciones grandes
Agua de suelo	Agua que se encuentra en la zona superior del suelo o en la zona de aireación cerca de la superficie del terreno, de forma que puede ser cedida a la atmósfera por evapotranspiración	Embarcaciones grandes
Agua disfórica	Agua pobre en nutrientes y que contiene altas concentraciones de ácido húmico	Embarcaciones grandes
Agua primitiva	Proveniente del interior de la tierra, que no ha existido antes en forma de agua atmosférica o superficial	Embarcaciones grandes
Agua subterránea	Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo, zona que consiste principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.	

Fuente. Elaboración autora monografía de grado. 2011

Los diferentes tipos de efluente líquidos que se generan en las embarcaciones marinas y son descargados al mar son:

2.1.1 Aguas Lluvias. Es una sustancia incolora, sin olor e insípida, fundamental para la vida, presente en la mayoría de los componentes que integran la tierra. Este compuesto, según su fórmula, está constituido por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Algunos la aprovechan para refrigeración y luego es arrojada al mar sin ningún tipo de trabajos ya que no poseen muchas agentes contaminantes.

2.1.2 Aguas Lastres. Los grandes petroleros, graneleros y otros tipos de buques de cargas utilizan una enorme cantidad de aguas de lastres, “es recogida en barcos sin carga para conseguir estabilidad, por ejemplo para compensar el peso del combustible consumido durante el viaje.

El agua de lastre es recogida en puerto como se había dicho anteriormente esto implica la descarga de hasta 1.000 toneladas métricas de agua aproximadamente. Estas especies invasoras pueden alterar gravemente el equilibrio ecológico existente”⁴. (Ver figura 2)

Figura 2. Sección transversal de los buques mostrando los tanques de lastre y el ciclo de agua de lastre

⁴ Fuente. www.La-Industria-del-Crucero-Cuestiones-Medioambientales-Contaminantes.html . Consultado Diciembre de 2010.



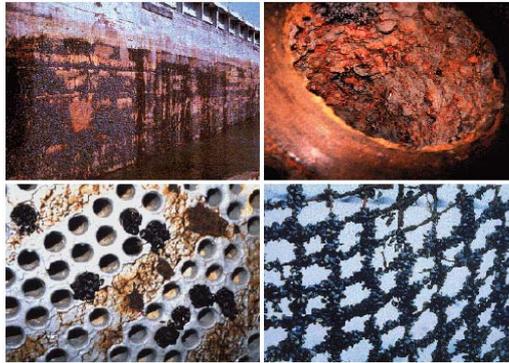
Fuente: Globallast Stowaways Spanish recomendación de lastre.

Estos son debido a que durante el viaje, los filtros que se encuentran al inicio de las tuberías que succionan y descargan el agua para estabilizar la embarcación tienen una malla con huecos aproximado al de un puño y por obvias razones, por esta parte se pasan muchos seres vivos que son succionados a la vez que el agua. Cuando el barco llega a destino, soltará toda esa agua y junto con ella esas especies invasoras y algas propias de la costa de origen que hayan resistido el viaje (ver figura 3).

“La diferencia de temperatura y otros factores en el agua de lastre mata a muchos de estos organismos. No obstante, mucho de ellos sobreviven y se convierten en plagas que asfixian a la fauna local, reducen poblaciones nativas y les privan de alimento, lo cual supone riesgos para la salud pública y el medioambiente, además de un significativo costo económico a diversos sectores industriales”⁵ como los servicios públicos de agua y energía, la pesca comercial y recreativa, la agricultura y el turismo.

Figura 3. Daños en estructuras marinas.

⁵ Ibídem



Fuente: [evolucion%20regulaci%20lastre%20v](#)

Las especies invasoras, causa directa del 39 por ciento de las extinciones conocidas, son después de la pérdida del hábitat la segunda amenaza para los endemismos. Cálculos actuales estiman en más de 13.000 millones de litros el agua lastre que transporta anualmente la flota mercante en todo el mundo, arrastrando consigo piedras, sedimentos y unas 4.000 especies animales y vegetales. En consecuencia, este trasiego se ha convertido en el mayor vector para la transferencia marina de organismos”⁶.

Tipos de especies que viajan en aguas de Lastre

Estas especies se clasifican en tres grupos:

Especies animales

Especies vegetales y

Organismos patógenos (bacterias).

- **Especies animales.** Se encuentran moluscos como el mejillón cebra y la almeja china. El mejillón cebra es originario de las cuencas del mar caspio,

⁶ Fuente tomada de: www.hidritec.com . Consulta. Diciembre de 2010

pero ya se encuentra en Europa y América, estos moluscos son susceptibles a provocar graves daños ambientales cuando coloniza un ecosistema acuático, ya que pone en peligro la existencia de otras especies al alterar la cadena alimenticia. A pesar de su pequeño tamaño, este bivalvo provoca graves desequilibrios ecológicos porque, como es muy prolífico y se alimenta de fitoplancton, compite con ventaja frente a otras especies, cubriendo y tapizando todo el sustrato que encuentra a su paso del lecho fluvial, cantos rodados y rocas, vegetación de ribera, conchas de bivalvos, obras hidráulicas de todo tipo, turbinas, desagües, depósitos, cascos, motores y anclas de embarcaciones, embarcaderos, industrias, centrales hidroeléctricas, plantas potabilizadoras de agua, presas, azudes, acequias y canales de riego, canales de entrada y salida de centrales energéticas, etc.; e incluso llega a obstruir totalmente cañerías, tuberías, conductos de irrigación y conducciones hidráulicas. También puede dañar las infraestructuras de los sistemas de abastecimiento y distribución de agua, aunque en menor medida que el mejillón cebra. La almeja asiática prefiere las superficies limosas a las duras para instalarse, por lo que es más frecuente encontrarla en los lechos de ríos. Estas especies está provocando la disminución del plancton y de diferentes especies de vida planctónica como larvas de crustáceos y peces”.⁷

Figura 4. Ejemplares de mejillón cebra, almeja china.

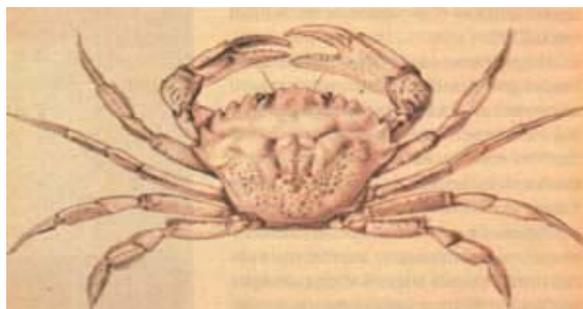
⁷ *Ibidem*



Fuente: www.hidritec.com/doc-lastre1.htm

El cangrejo verde europeo (*carcinus maenas*) (Figura 4) es un voraz crustáceo de unos ocho centímetros de longitud que ha sido introducido por las aguas de lastre en Hawái, ambas costas de estados Unidos, Panamá, Madagascar, el mar Rojo, la India, Australia y Tasmania. Es muy agresivo y se alimenta de todo aquello que pueda atrapar, vivo o muerto, en el fondo del mar. Incluso es capaz de abrir las conchas de muchos bivalvos con sus fuertes patas, lo que le convierte en un serio competidor de otras especies autóctonas.

Figura 5. Cangrejo verde europeo



Fuente: www.hidritec.com/doc-lastre1.htm

La estrella de mar (*Asteiras amurensis*), (Figura 5) originaria del Pacífico norte (China, Corea, Japón y Rusia). Tiene un diámetro de cincuenta centímetros y se

reproduce con extrema rapidez, ya que las hembras adultas de mayor tamaño pueden llegar a producir hasta 19 millones de huevos entre junio y septiembre. Las larvas son capaces de permanecer más de noventa días en el agua. Se alimenta de una gran cantidad de moluscos, por lo que puede provocar graves alteraciones del ecosistema. Pese a que su área de distribución se encontraba limitado a aguas de entre 7 y 10°C, actualmente resiste hasta los 22°C.

Recientemente se ha introducido en el mar de Bering, en las costas del norte de Canadá y, sobre todo, en Tasmania, unas veces a través de las aguas de lastre y otras fijada al casco de los buques.⁸

Figura 6. Estrella de mar



Fuente <http://universomarino.com/2010/03/31/la-estrella-de-mar-inocente-y-voraz/>

El gobio redondo (*Neogobius melanostomus*) (Figura 6), proviene de las cuencas del Caspio y del Mar Negro y fue introducido accidentalmente, en primer lugar, en el Báltico y en los humedales del Este de Europa. Los gobios son peces extremadamente agresivos que compiten despiadadamente con otras especies por los lugares más apropiados para desovar. También tienen un sistema

⁸ Ibídem

sensorial muy desarrollado que les permite detectar cualquier movimiento en el agua, lo que supone una gran ventaja pues pueden alimentarse en aguas turbias o sumidos en una total oscuridad. Este depredador de 12 cm de longitud, devora los huevos y las crías de cualquier otra especie presente en su hábitat, como: la perca, el lucio o la lubina. Al igual que otras especies invasoras, el gobio redondo cuenta con una enorme capacidad de reproducción y las hembras llegan a producir 5.000 huevos en los meses de verano. Su introducción accidental en los Grandes Lagos en 1990 ha supuesto un grave problema medioambiental, económico y social, especialmente en los puertos del área Duluth-Superior, donde apareció en 1995 causando enormes daños a la pesca y gigantescas pérdidas económicas”.⁹

Figura 7. Gobio redondo



Fuente: www.hidritec.com/doc-lastre1.htm

La **acerina** (*Gymnocephalus cernuu*) (Figura 8), un pequeño pero agresivo pez originario de Eurasia y dotado asimismo de una alta capacidad reproductiva – las hembras pueden poner más de 200.000 huevos -. Puede vivir en condiciones ambientales muy diversas y, debido a su voracidad, fácil adaptación y rápido crecimiento, tiene graves efectos sobre la pesca comercial y deportiva, con toda su cohorte de consecuencias ambientales, económicas y sociales. Tanto es así

⁹ NUÑEZ BESANEZ. Gestión integral del agua de los tanques de lastre, Una necesidad medio ambiental. Consultado en: www.hidritec.com Diciembre 2010

que las autoridades consideran ilegal poseer una acerina, viva o muerta, en los estados de Michigan, Minnesota, Wisconsin y Ontario. Además, desde 1992 obligan a todos los buques que quieran entrar en los Grandes Lagos a que cambien las aguas de lastre más allá del límite de la zona económica y a una profundidad superior a los 2.000 metros. En caso contrario, deben someterse a un control a cargo del servicio de guardacostas de Estados Unidos.¹⁰

Figura 8. Acerina



Fuente <http://www.hidritec.com/doc-lastre2.htm>

- **Especies Vegetales.** Entre las especies vegetales se encuentran:

Algas asesinas. La *Odontella sinensis*, un alga asiática del plancton que se reproduce con extrema facilidad y que invadió el mar del Norte en 1903. Fue el primer registro de introducción de un alga por agua de lastre. Posteriormente, se detectaron otros casos similares en todo el mundo, como el de la llamada alga asesina (*Caulerpa taxifolia*) (Figura 8). Todo empezó en 1970, a raíz de ciertos experimentos llevados a cabo en Stuttgart para dotar de mayor resistencia y tamaño a la especie tropical originaria, con el propósito de obtener una variación

¹⁰ Ibídem

genética que pudiera utilizarse para decorar acuarios. En 1984, el Museo Oceanográfico de Mónaco, que ya contaba en sus acuarios con la nueva variedad genética, introdujo el alga asesina en las costas francesas del Mediterráneo en un accidentado proceso de limpieza de tanques. Entonces, comienza el desastre: la Riviera francesa, las costas italianas y las islas españolas, se ven invadidas por una nueva especie que todo lo arrasa a su paso. Más tarde, el fatal organismo comienza a extenderse hasta lugares tan remotos como Croacia. Ahora se calcula que ocupa unos 15 millones de metros cuadrados de fondos marinos.

Figura 9. Alga asesina.



Fuente: <http://waste.ideal.es/alga.html>

La *Caulerpa* siguió extendiéndose y, poco después, en 1992, alcanzó el litoral levantino español introducida en las aguas de lastre de los buques. En la actualidad el alga asesina constituye un serio problema ambiental, ya que a sus rápido crecimiento hay que sumar una gran capacidad para reproducirse y su resistencia a medios muy diversos. Todas estas características le permiten desarrollarse con velocidad y sustituir a otras especies autóctonas, como la Posidonia (*Posidonia oceanica*), una fanerógama marina de aguas poco profundas, al tiempo que provoca la desaparición de otras muchas debido a las toxinas que produce, inocuas para el ser humano pero letales para multitud de organismos acuáticos, lo que impide que ningún fitófago mediterráneo pueda

deshacerse de ella de forma natural. El empobrecimiento de las poblaciones a las que desplaza puede alcanzar un 75%, la mayoría de las algas indígenas entran en regresión y suelen desaparecer de la zona.¹¹

• **Organismos patógenos.** Ya en el terreno de la salud humana, otro grave problema es el causado por la bacteria *Vibrio Cholerae*, responsable de la enfermedad del cólera. Esta bacteria produce una enterotoxina que origina diarreas, vómitos y una fuerte deshidratación, capaz de provocar incluso la muerte si no se aplica rápidamente el tratamiento adecuado. La mayor parte de los individuos infectados por el cólera no presentan síntomas de ningún tipo, aunque la bacteria puede permanecer en las heces por un período de tiempo que oscila entre los siete y los catorce días. Sólo un 10% desarrollan la enfermedad y padecen los típicos síntomas de deshidratación. El cólera causa unas 120.000 muertes al año y en África hay 79 millones de personas que corren el riesgo de padecerlo. La bacteria puede sobrevivir en el agua durante largos periodos de tiempo, incluso cincuenta días cuando se asocia con algas o crustáceos marinos, lo que la convierte en una buena candidata al transporte en aguas de lastre. Entre 1991 y 1992 se localizó la presencia de *Vibrio Cholerae* en el agua de lastre de cinco cargueros atracados en Estados Unidos, concretamente en el golfo de México. Actualmente también se hacen controles en Australia para evitar la introducción accidental de esta peligrosa bacteria. Otros patógenos habituales en las aguas de lastre son *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, diversas especies de *Salmonella*.

2.1.3 Aguas Residuales. La contaminación marina *“es uno de los más graves problemas que aquejan el océano y el planeta en general, el 75% de los contaminantes proviene de fuentes o actividades terrestres. Se calcula que más de la mitad de la población mundial vive a menos de 60 kilómetros de la costa así*

¹¹ *Ibidem*

*mismo hoy se estima que trescientos mil millones de metros cúbicos de aguas negras penetran anualmente al océano, el 70% de este volumen sin tratamiento alguno*¹² ver (figura 10); además las aguas residuales por lo más común son mayor concentradas que las domésticas porque las naves utilizan menor cantidad de agua para enjuagar los desechos. Las aguas residuales generadas por las embarcaciones marítimas llevan microorganismos nocivos y nutrientes excesivos al medio ambiente marino.

A bordo de los buques, las aguas residuales, por ley, tienen que ir a parar a un tanque de retención o a una planta séptica. Todas las embarcaciones dedicadas al transporte de pasajeros disponen de una planta séptica¹³.

En la actualidad, no existen restricciones para la descarga de aguas grises, en cambio las aguas negras han de recibir tratamiento con equipos homologados para ser descargadas; a distancias superiores de costa está permitida la descarga. Los sistemas de aguas grises y negras han sido combinados y divididos en dos sistemas separados. La planta de tratamiento está dividida en dos, una parte para el tratamiento de las aguas procedentes de las cocinas y las aguas negras, y la otra parte para las aguas grises de la acomodación y lavandería. Esta última, se reutiliza para lavado de la cubierta y ventanas. Después de ser tratadas esta agua pueden ser utilizadas para lastrar o se descargan al mar.

Figura 10. Vertido de aguas residuales directamente al mar

¹² Fuente. <http://www.cco.gov.co/contmar1.htm#nueve> . consultado. Diciembre de 2010

¹³ Estudio del Impacto ambiental del tráfico marítimo. Barcelona, España. 2005.



Fuente: PAM-PNUMA

Aguas grises

Son generadas por procesos domésticos, no industriales, incluyendo desagües de lavaplatos, grifos de cocinas, instalaciones de lavandería, duchas, sumideros de baños y lavamanos, etc. Este tipo de agua residual recibe su definición tanto de su propio aspecto, como del hecho de que no puede ser considerada ni como agua fresca, ni como agua residual altamente contaminada.

Las aguas grises suelen separarse de las aguas negras para reducir la cantidad de agua con altos niveles de polución, y suele ser la mayor fuente de residuo líquido producido a bordo de una embarcación (alrededor de 50%-80%). Estas aguas pueden contener una amplia variedad de sustancias contaminantes en diferentes concentraciones, incluyendo aceites y algunos compuestos orgánicos, hidrocarburos, detergentes y grasas, metales, sólidos en suspensión, nutrientes químicos, residuos alimenticios, bacterias coliformes y algunos residuos médicos y dentales. No obstante, se diferencia de las aguas servidas en la presencia y

concentración de heces y toxinas como contaminantes biológicos y químicos determinantes.

Las aguas grises son recogidas en tanques a bordo de las diferentes tipos embarcaciones y, como requieren los procedimientos y regulaciones operacionales, descargados por la borda a través de múltiples canales bajo la línea de flotación del barco mediante bombas de centrifugación mecánicas, dependiendo de muchos factores tales como el itinerario previsto, la localización del buque o la tasa de generación de residuos¹⁴.

Aguas servidas (aguas negras):

Es también conocida como aguas marrones o negras, aguas sépticas o de albañal, es un término utilizado para describir el agua que contiene sustancias fecales y orina.

Las aguas servidas son aguas residuales recogidas en inodoros y sumideros e instalaciones médicas, las cuales pueden contener patógenos peligrosos, parásitos intestinales, incluyendo bacterias coliformes, agentes virales y nutrientes químicos que precisan de una previa descomposición antes de ser liberados en el medio ambiente; estas aguas son un peligroso residuo que debe ser adecuadamente tratado antes de ser eliminado en las aguas marinas. En otro caso, pueden causar una seria contaminación de bancos pesqueros y lechos de moluscos marinos, resultando en una contaminación general de la cadena alimenticia y un riesgo para la salud humana con la transmisión de enfermedades infecciosas tales como la fiebre tifoidea, hepatitis infecciosa, gastroenteritis o disentería.

¹⁴ Fuente. La-Industria-del-Crucero-Cuestiones-Medioambientales-Contaminantes.html. Consultado Diciembre de 3010

Por otro lado, hay una serie de nutrientes químicos en las aguas fecales, tales como el fósforo y el nitrógeno. Bajo ciertas condiciones, estos compuestos estimulan la eutrofización, causando excesiva floración de las algas, lo cual puede degradar los hábitats acuáticos mediante una reducción de los niveles lumínicos y generando ciertas toxinas, algunas de las cuales son también peligrosas para la vida humana¹⁵. Hoy en día es posible tratar biológicamente las materias fecales. Existen además trituradoras y prensas de desechos, así como separadoras de grasa para aguas residuales de cocina.

2.1.4 Aguas de Sentina. Actualmente, las sentinas están siendo reemplazadas por estanques retenedores que almacenan estas aguas para finalmente ser entregadas en el puerto.

Las aguas de sentina están ubicadas en el espacio en la parte más baja de la sala de máquinas, justo por encima del doble fondo. Tiene por objeto recolectar todos los líquidos aceitosos procedentes de pequeñas pérdidas en tuberías de enfriamiento de los motores, juntas, bombas que pudieren derramarse en ese espacio como consecuencia de la normal operación de la planta propulsora.

Las aguas de sentinas son purificadas mediante separadores de materia oleosa y bombeadas al exterior en alta mar, quedando a bordo los productos contaminantes, conocidos con el nombre de slop y que son retirados en puerto para su tratamiento y eliminación.

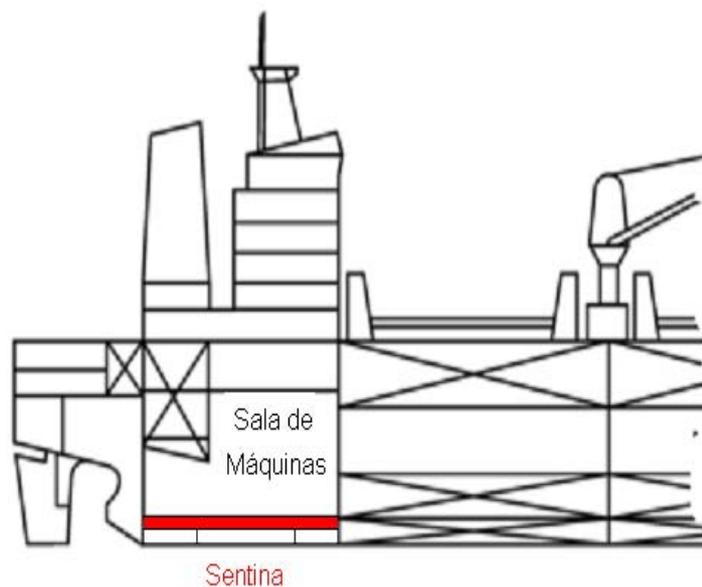
Las bodegas de carga también cuentan con un pocete de sentinas construido a popa del espacio por debajo del nivel del plano de bodegas a fin de recolectar el agua de condensación que se genera en el interior de los barcos por la diferencia de temperaturas entre la atmósfera exterior y la interior. En embarcaciones menores, deportivas o de recreo, se denomina sentina a la zona más baja del

¹⁵ Ibídem

casco circundante a la quilla donde se reúnen tanto el agua embarcada como la de lluvia.¹⁶

En la siguiente figura, muestra la ubicación del tanque de aguas de sentina.

Figura 11. Ubicación del tanque de sentina



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sentina>

2.2 MARCO LEGAL

2.2.1 Normas ambientales actuales. Las primeras normas ambientales para la protección del medio ambiente marino empezaron a verse a comienzo del siglo XX. En Europa en los años 20 y 30 ya estaba prohibido descargar hidrocarburos a

¹⁶ Fuente tomada: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sentina>. Consulta Noviembre de 2010

50 millas de costa, mientras que los Estados Unidos tenían aplicada una norma a 100 millas.

En el año de 1954, nació un convenio llamado OILPOL, debido a que las normas que estaban vigentes en ese entonces eran ineficaces. El inconveniente del OILPOL era que no tenía en cuenta los otros tipos de contaminante y solo se enfocaban en hidrocarburos.

La Organización Marítima Internacional (IMO), nació hacia 1959, y adoptó un protocolo llamado (MARPOL 73), el cual remplazo el convenio de OIPOL. Este protocolo apporto diferentes anexos el cual busca mitigar la contaminación del medio marino por diferentes clases ¹⁷de efluentes líquidos, gaseosos y sólidos.

2.2.2 Normatividad Internacional.

IMO

La Organización Marítima Internacional es un entidad con la misión de desarrollar normativas internacionales para prevenir la contaminación en los mares, este organismo nació de la naciones unidades (ONU)

La tarea fundamental de la OMI, es mantener y desarrollar marcos normativos que incluyen seguridad marítima, preocupaciones ambientales, asuntos legales y eficiencia del transporte marítimo.

“Un organismo especializado de las Naciones Unidas con 169 Estados Miembros y tres Miembros Asociados, la OMI tiene su sede en el Reino Unido con alrededor de 300 funcionarios de contratación internacional¹⁸”.

¹⁷ Estudio del impacto ambiental del tráfico marítimo Barcelona

¹⁸ Organización marítima internacional (IMO)

Cualquier convenio elaborado por la IMO entrará en vigor hasta doce meses después de la fecha en que por lo menos veinticinco estados miembros, cuyas flotas mercantes combinadas representen no menos el veinticinco por ciento del tonelaje bruto de la marina mercante mundial, la haya firmado.

MARPOL

El MARPOL es un convenio internacional que tiene el propósito de prevenir la contaminación del medio marino, controlando las descargas de efluentes mediante sus seis anexos. En general, se prohíbe las descargas al mar de las sustancias definidas en cada anexo, excepto cuando las condiciones específicas en cada regulación son satisfechas. (Anexo 2)

3. TRATAMIENTOS Y MAQUINARIA APLICADOS PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS MARES

Entre los diversos tratamientos aplicados para disminuir el impacto ambiental producido por los efluentes generados por embarcaciones marítimas tipo fragata de la Armada Nacional, de acuerdo al tipo de aguas residuales, son:

3.1 TRATAMIENTOS PARA AGUAS LASTRES

Actualmente, varios tipos de tratamiento para este tipo de aguas como los mecánicos, químicos y físicos. (Ver Tabla 1.)

Tabla 1. Tipos de tratamientos

TIPOS DE TRATAMIENTOS		
FÍSICOS	QUÍMICOS	MECÁNICOS
Ultrasonidos	Empleo de Biocidas	Sistemas de Flujo Continuo
Radiación Gamma	Ajuste del pH y Salinidad	Sistemas de Dilución
Radiación Ultravioleta	Peróxido de Hidrógeno	Sedimentación y Flotación
Tratamiento por Frío	Desoxigenación	Velocidad de Bombeo
Tratamiento por Calor	Ozono	Intercambio agua de lastre
Microondas	Cloración	Sistemas de Separación
Campos Magnéticos	Cloraminas	Filtración Granular
Corrientes eléctricas	Hipoclorito de Sodio/Calcio	Microfiltración
Cambios rápidos de presión	Iones metálicos	Filtración

Fuente. Elaboración propia. Autora del proyecto. 2011

A continuación, se mencionan los tratamientos más comunes para este tipo de aguas¹⁹:

¹⁹ Programa nacional de aprovechamiento de aguas residuales, imta-cna, México, 1990

3.1.1 Sistema de filtradores. Es un método de separación física, muy utilizado en aplicaciones industriales y sanitarias. Su diseño está predeterminado por el tamaño y tipo de partículas a remover. Los sistemas de filtraciones requieren de limpieza periódica, ya sea manualmente o con dispositivos automáticos de contralavados. A los efectos prácticos, no son efectivos para el control de microorganismos, pero utilizando mecanismos autolimpiantes, es el método que arroja resultados más prometedores hasta ahora.

3.1.2 Biocidas oxidantes y no oxidantes. Los biocidas oxidantes, principalmente cloro y ozono, son muy usados en tratamientos de aguas residuales. Las estructuras orgánicas, tales como las membranas celulares, son destruidas con el agregado de oxidantes fuertes. La utilización de cloro gaseoso es peligrosa a bordo, pero se puede emplear hipoclorito de sodio, o de calcio. Los biocidas no oxidantes, incluyen compuestos del grupo de los gluturaldehidos comúnmente utilizados en industrias, para evitar el desarrollo de organismo en torres de enfriamientos de agua y otras áreas donde puede haber acumulación de sedimentos o asentamientos biológicos; actúan en forma análoga a los pesticidas, interfiriendo en las funciones reproductivas, neurales o metabólicas de los organismos, por ejemplo, inhibiendo la respiración. Su descarga al medio ambiente implica menos peligro que los oxidantes.

3.1.3 Técnicas termales. Las altas temperaturas son comúnmente utilizadas para esterilizar el agua en varias aplicaciones, en los buques se dispone de una cantidad de energía remanente en forma de calor, en el agua de refrigeración de la planta propulsora. Teóricamente, el agua de lastre debería calentarse valores entre 35° y 45° C, y mantenerse así durante cierto tiempo, lo que no siempre es factible en viajes cortos. Además, muchos microorganismos son resistentes a las temperaturas que dan los sistemas de enfriamiento de las maquinas.

3.1.4 Pulsos eléctricos y pulsos de plasma. La aplicación de campos eléctricos pulsantes o pulsos de energía, con una tensión de 15 a 45 kv/useg, puede matar a los organismos presentes en el agua. Los sistemas de pulso eléctricos, generan un campo de fuerza; los de pulso plasma entregan un pulso de elevada energía a un mecanismo sumergido en el agua, generando un arco de plasma. Esto no produce residuos tóxicos, pero emite dióxido de carbono y teóricamente debería generar cloro.

3.1.5 Tratamiento ultravioleta. El tratamiento de agua con rayo UV inactiva a las bacterias y responde a tecnologías ampliamente difundidas. La radiación ultravioleta con una longitud de onda de aproximadamente 200 nanómetros (1 nanómetros nm= 10^{-9} metros), puede destruir los componentes celulares, pero no a las esporas de protozoos, hongos, micro y macroalgas o dinoflagelados.

3.1.6 Sistemas acústicos. Los sistemas acústicos (incluyen ultrasonido) utilizan traductores para aplicar al agua energía sonora de amplitud y frecuencia específicas. Las ondas del sonido producen cavitación y de la fatiga mecánica resultante rompe las células de los organismos. Se ha comprobado en laboratorios que esto puede eliminar varias especies acuáticas, pero depende de la frecuencia y los organismos. El ultrasonido a 20 kHz mata o inactiva bacterias y hongos, pero no organismos superiores, y las señales sonoras de baja frecuencia alejan a los peces. Las fuentes acústicas de alta intensidad pueden desintegrar las valvas de bivalvos juveniles, llevando a su muerte.

3.1.7 Campo magnéticos. Pruebas de laboratorios han demostrado la efectividad del tratamiento magnético, sobre invertebrados con caparazón calcárea. El agua a tratar debe pasar a través de un campo magnético de los flujos específicos, generando por medios electromagnéticos. Los efectos biológicos y químicos de estos sistemas no están aun bien estudiados, pero se sabe que los constituyentes

orgánicos e inorgánicos de los organismos que viven en el agua son alterados por el campo magnéticos. Aun no hay pruebas en agua de mar.

3.1.8 Técnica desoxigenación. La mayoría de las especies acuáticas requieren oxígeno para sobrevivir. Cuando el oxígeno es eliminado del agua, esos organismos mueren, pero esto no ocurre con las esporas ni con las bacterias anaeróbicas. Además, algunos organismos que requieren oxígeno, pueden sobrevivir a cortos periodos de anoxia, aunque normalmente permanecen inactivos bajo tales condiciones. El oxígeno puede ser eliminado de la agua mediante purgado con un gas inerte, o captándolo con un aditivos químicos.

3.1.9 Técnicas biológicas. Estas técnicas para el control de las especies perjudiciales, introduce otros organismos adicionales como predadores, patógenos, o competidores de las especies que se desea controlar. Su utilización a demostrado servir para el control de ciertas especies de insectos, cuando las utilizadas para el biocontrol logran auto sostenerse reproduciendo su población. El tratamiento biológico incluye el uso de modernos métodos de biotecnología, para modificar genéticamente los organismos indeseados.

3.1.10 Revestimiento antiadherente. Los recubrimientos antiadherentes sobre las superficies internas de los tanques de lastres reducen las incrustaciones biológicas, mediante toxicidad por contacto, ablación o activación superficial. La mayoría de los revestimientos utilizados hasta ahora, se basan en la toxicidad o la ablación o una combinación de ambas.

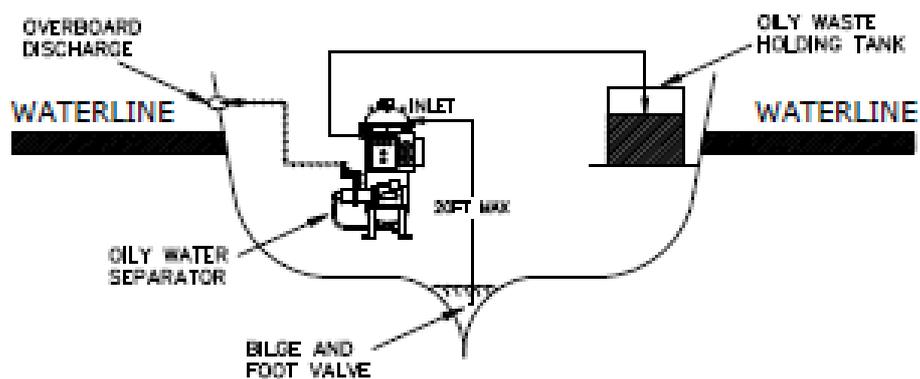
3.2 TRATAMIENTOS PARA AGUAS SENTINA

Se describen algunas técnicas que se emplean usualmente para el tratamiento de residuos de sentina²⁰.

²⁰ Fuente consultada: [Fhttp://www.nauticexpo.es/prod/mahle-industriefiltration/sistemas-de-tratamiento-de-aguas-de-sentina-para-buque-32554-207700.html](http://www.nauticexpo.es/prod/mahle-industriefiltration/sistemas-de-tratamiento-de-aguas-de-sentina-para-buque-32554-207700.html). Enero de 2011

3.2.1 Separadores petróleo – aguas (SP-A). Debido a la naturaleza bifásica de los residuos de sentinas, es altamente recomendable la separación primaria de las fases con separadores tipo API. Estos separadores remueven la mayor parte del contenido de hidrocarburos. Los separadores petróleo – agua (SP-A) utilizan la separación gravitatorio y la coalescencia para separar las fases oleosa del agua. Las bombas de transferencia pueden emulsificar la fase oleosa en forma química y mecánica, dificultando la operación de los separadores. Generalmente, los equipos convencionales no pueden separar gotas de fases oleosa emulsificadas menores a 20 μm .

Figura 12. Separador de petróleo - aguas



Aceite y el agua no se mezcla fácilmente. Dado el tiempo suficiente para pasar, una mezcla estática de petróleo y agua casi separado por sí mismo. Existen polímeros especiales que tienen una fuerte afinidad por el petróleo. El diseño y la construcción de su VMT AA aprovecha al máximo de estos dos principios a fin de reducir las concentraciones de efluente de petróleo a menos de 15 partes por millón (ppm).

Para reducir al mínimo la agitación de agua e hidrocarburos, la bomba del sistema se coloca en el lado de descarga de la unidad. Reducción al mínimo la agitación

de la corriente de entrada reduce el aceite (es decir, suspendidas en una solución), las cantidades aumentar la eficiencia global del proceso de separación.

Al entrar en el separador, el agua aceitosa entra en una cámara de gran diámetro de primer paso, desacelerar el flujo de agua e hidrocarburos, y esto es fundamental, para la cantidad de tiempo de la gravedad y la separación a tener lugar. La velocidad de la corriente se convierte más lenta y mayor será el agua aceitosa que se pone en contacto con los medios de filtración de polímeros. La primera cámara de paso está lleno de anillos de polímero especialmente diseñado que tienen una gran superficie en relación al peso. A medida que el agua aceitosa fluye a lo largo de la superficie de los anillos del polímero, pequeñas gotas que se adhieren a su superficie. Cuando se ha acumulado suficiente, la flotabilidad natural de la gota de aceite de hará que la liberación y floten en la superficie de separación. Cuando el aceite suficiente recoge en la parte superior, la unidad automáticamente reflujos el aceite fuera acumulado de la unidad y en un depósito de residuos.

Antes de salir de la separación, la mezcla de disminución de la concentración de agua e hidrocarburos pasa a través de un secondpass pulido de la cámara. Esta cámara está completamente lleno de apretadas perlas de polímero que se diseñado para eliminar cualquier resto de aceite de la corriente de aguas residuales. Este diseño asegura que el efluente la descarga es igual o inferior a 15 ppm de aceite en peso.

Los SP – A también pierden eficiencia cuando se encuentran presentes detergentes y surfactantes en los residuos de sentina, ya que estos compuestos pueden dispersarlos hidrocarburos en gotas muy finas y también cuando la fase oleosa tiene propiedades similares a las del petróleo pesado con densidades relativas cercanas a 1.0. A pesar de las dificultades enunciadas, los SP-A son ampliamente utilizados y usualmente se combinan con una segunda etapa de

purificación de la fase acuosa para lograr estándares de descarga establecidos por la legislación.

3.2.2 Separadores centrífugos. Se utiliza como etapa de purificación secundaria luego del separador por gravedad. Resuelve los problemas de los SP – A, presentando una buena eficiencia de remoción de hidrocarburos, inclusive con buena separación de sólidos y lodos. Una de sus ventajas es que ocupa poco espacio y existen módulos desarrollados para tratamiento abordo. Los costos de operación y capital son mayores que para otros tratamientos.

3.2.3 Separadores DF (Dissolved Air Flotation). Este tipo de separación consiste en forzar la separación de las gotas emulsificadas por medio del arrastre de la misma con pequeñas burbujas de aire. Para ello se agregan a los residuos de sentina algunos aditivos, como por ejemplo, hierro, cal, peróxido de hidrogeno y polímeros, para facilitar la separación. Luego, se adiciona aire a alta presión de manera de aumentar el contenido de aire disuelto. Cuando el residuo líquido entra en la unidad DAF, se libera la presión y el aire disuelto se separa de la solución, formando burbujas (30 – 100 μm) en cualquier sólido que se encuentra en la solución o en las interfases de las gotas de hidrocarburos dispersas. De esta manera las gotas de hidrocarburo dispersas unidas a las burbujas de aire son arrastradas hacia arriba y flotan, posteriormente son removidas de la superficie por una espumadera.

3.2.4 Separadores físicos: filtros hidrofóbicos. Algunos sustratos granulares y absorbentes o filtro de cartuchos son modificados para conferirle propiedades superficiales hidrofóbicas. Estos dispositivos son utilizados generalmente luego de SP – A para remover materiales altamente emulsificados y son capaces de producir efluentes con concentraciones de hidrocarburos menores a 1 ppm. Estas unidades tienen afinidad por compuestos orgánicos y pueden ser utilizadas con concentraciones de influentes menores a 2000 ppm de hidrocarburos y

velocidades de flujo desde 1 a 10 m³ /h con eficiencias en la concentración de salida inferior a 5 ppm. Estos sistemas son adaptables a pequeños espacios, lo cual los convierte en atractivos para el tratamiento de residuos abordo. Las desventajas de este tipo de tratamiento son: la necesidad de disponer filtro agotados como residuos sólidos peligrosos y los relativos altos costo de operación debido a la reposición de filtro agotados.

3.2.5 Filtración por membrana (Ultrafiltración). La ultrafiltración es un proceso viable de separación para el tratamiento de residuos de sentina debida a las concentraciones de descarga obtenidas en cumplimiento con la legislación. Existen tratamientos comerciales de residuos de sentinas utilizando membranas con substratos no – celulósicos y cerámicos. Las membranas no – celulósicas son capaces de capturar la mayoría de los compuestos orgánicos mayores que 1000 Daltons de peso molecular, y son en consecuencia susceptibles de ensuciamiento irreversible de las membranas. Las membranas cerámicas han sido testeadas y utilizadas en barcos navales para el tratamiento de aguas de sentina con buen resultado en general. Requieren limpiezas periódicas y mantenimiento y son sobresaturadas con influentes con alto contenido de lodos. Sistemas combinados de separador centrifugo/ultrafiltración por membrana y ultrafiltración/destilación de membranas han sido también investigado para el tratamiento de grandes volúmenes de residuos de sentina que contiene alta concentración de fase oleosa libre y emulsificada así como también sólidos suspendidos.

3.2.6 Oxidación química. Esta tecnología involucra el uso de oxidantes químicos como peróxidos en presencia de luz ultravioleta, y es muy utilizada en el tratamiento de efluentes industriales ya que permite la mineralización de los contaminantes. A pesar de que estos sistemas pueden ser muy efectivos, especialmente para bajas concentraciones de influentes, el ensuciamiento y el mantenimiento pueden provocar costos más altos que los separados.

3.2.7 Tratamientos biológicos. Se basan en la capacidad de los microorganismos de utilizar como fuente de carbono y energía hidrocarburo y compuesto orgánicos presente en los efluentes y convertirlos en sustancias inorgánicas (mineralización) o en otras sustancias de menor toxicidad. La degradación aeróbica microbiana de los hidrocarburos es una reacción multifásica en la que se requiere que entre en contacto los microorganismos con oxígeno disuelto, hidrocarburos y nutrientes. La biodisponibilidad de los hidrocarburos es de fundamental importancia ya que determina la cinética de degradación y por ende el tiempo de residencia necesario para el tratamiento. La biodisponibilidad de los hidrocarburos está relacionada con el grado de emulsificación del el fuente a tratar y con la capacidad de los microorganismos utilizados de producir sustancias tensioactivas que emulsifiquen los hidrocarburos.

Los microorganismos degradadores de hidrocarburos están ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden utilizarse en los tratamientos de efluentes microorganismos autóctonos que se desarrollan en la misma corriente del el fuente; o exógeno, aislados de otros ambientes e incluso modificados genéticamente para que adquieran una capacidad fenotípica en particular. En general, los resultados obtenidos por microorganismos exógenos no muestran una mejoría respecto a los obtenidos

3.3 PLANTAS UTILIZADAS EN LOS TRATAMIENTOS DE EFLUENTES

Las principales plantas y/o máquinas comúnmente utilizadas en el procesamiento de los efluentes en las embarcaciones marítimas tipo fragata, son:

3.3.1 Planta Fisicoquímicas. Los dispositivos de saneamiento marino (MSD) del tipo físico químico utilizan una disolución de hipoclorito de sodio diluido al 5%,

para efectuar el proceso de desinfección y está diseñado específicamente para aplicaciones marinas²¹.

Estos sistemas están equipados con un sistema de control y monitoreo a base de un microprocesador de estado sólido, el cual controla automáticamente el tratamiento del efluente de aguas de desecho, advierte la ocurrencia de cualquier paro en la operación así como también señala las causas de cualquier mal funcionamiento. El microprocesador de control activa el sistema solamente cuando es necesario, por lo tanto, el sistema consume energía solamente cuando se requiere la aplicación del tratamiento²².

Descripción del proceso.

Las aguas crudas de desecho entran al tanque de tratamiento (el esquema del MSD) que se encuentra en la figura 13, donde son maceradas. Las aguas crudas de desechos son recicladas continuamente y de regreso hacia el tanque de tratamiento hasta que los sólidos que contienen son lo suficientemente pequeños para pasar a través de la pantalla de retención o reducción. Esta pantalla se lava por corriente de agua limpia en forma continua para evitar la acumulación de sólidos. Después de pasar a través de la pantalla de retención o reducción, las aguas de desecho fluyen a través de una serie de tanques de sedimentación donde se restringe el movimiento de los sólidos en suspensión. Dichos sólidos en suspensión se dejan sedimentar y son devueltos al tanque de tratamiento por medio de la bomba de retorno de lodos para ser procesados nuevamente. El efluente pasa a través de los módulos de sedimentación y posteriormente se descarga sobre la borda. La desinfección de las aguas de desechos se logra

²¹ Fuente tomada de: <http://html.rincondelvago.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-servidas.html>
Enero de 2011

²² Marpol 73/78 anexo IV "Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques" (páginas: 209 - 214).

mediante la hipoclorinación al 5% de sodio (tipo doméstico), la oxidación química dentro del tanque de tratamiento del sistema, la cual se mide por medio de un sistema que permite la inyección de la cantidad adecuada de desinfectante desde el recipiente de almacenamiento hasta el tanque de tratamiento²³.

Figura 13. Planta Físico Química



Fuente. separador-de-aceite-agua-de-sentina-22199-230005.html

Partes que conforman la Planta

- Retrete y baños en general
- Válvula medidora
- Estanque de desinfectante
- Pantalla de retención reducción
- Panel de control

²³ Ídem.

- Bomba de lavado con agua limpia
- Indicador remoto del estado de funcionamiento
- Módulos de sedimentación
- Bomba maceradora
- Bomba de flujo
- Bomba de retorno de lodos
- Bomba de descarga

3.3.2 Plantas biológicas. Este tipo de plantas de aguas servidas tiene una técnica similar a las plantas centrales terrestres, en las cuales todas las aguas de desechos domésticos pasan a través de un sistema biológico, asegurando un afluente purificado al máximo²⁴.

Descripción del proceso

Son plantas de tratamiento biológico de primera generación. Su característica principal es que las aguas grises pasan simplemente por una unidad de cloración u otro tipo de esterilizante y sólo las aguas negras son tratadas biológicamente. Las aguas servidas contienen materiales flotantes y disueltos con presencia de microorganismos, es muy importante que éstos sean activados, lo que se efectúa

²⁴ Fuente tomada de: <http://html.rincondelvago.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-servidas.html>
Enero de 2011

agregando oxígeno (aeróbico) o eliminando todo el oxígeno (anaeróbico). Todas las plantas de tratamientos de aguas servidas para buques son aeróbicas²⁵.

Los microorganismos no son animales ni vegetales, sino los llamados "Protoestén", los cuales se dividen en formas superiores, llamadas "Eucayotén" (algas y protozoos) y formas inferiores, llamadas "Procayontes" (bacterias y algas azules). Los procayontes viven a temperaturas hasta 90 °C y se reproducen en forma extraordinariamente rápida. Un ser humano produce diariamente aproximadamente 1 billón de bacterias.

Todas las aguas servidas provenientes de los baños, duchas, cocina, etc. Llegan directamente por gravedad o través de un sistema de vacío a la cámara de activación I, a la cual continuamente se introduce aire (oxígeno) para estimular la acción biológica. El aire necesario para esto lo produce un soplador y se distribuye en los estanques a través de los bloques de aireación. El proceso aeróbico continúa en la cámara de activación II, en donde también se distribuye oxígeno para estimular la acción biológica²⁶.

Los sólidos inorgánicos (plásticos, por ejemplo) son separados en ésta cámara por medio de un separador mecánico instalado. En la cámara de decantación III, se produce la separación de los sólidos en suspensión. El agua purificada pasa a la cámara de agua tratada IV, y desde éste estanque es expulsada al mar por medio de la bomba de descarga. El lodo activado que se acumula en la cámara de decantación III, se bombea a la cámara de activación I, a través de un eyector accionado neumáticamente. Los depósitos de lodo en las cámaras de activación I y II, deben ser retirados o bombeados después de intervalos en tiempos determinados, esto puede ser a un depósito especial de lodo del barco. Para evitar que se bloquee la bomba de descarga existe instalado un "tritador" delante de la

²⁵ Ídem

²⁶ Ídem

bomba, este triturará los sólidos hasta un tamaño aceptable para el paso por la bomba.

Figura 14. Planta biológica



Fuente. <http://nauticexpo.es/prod/peter-taboada/sistemas-de-tratamiento-biologico-de-aguas-residuales-para-buques-31468-191473.html>

Partes que conforman la Planta

- 1.- Entrada de Aguas Grises
- 1A.- Entrada de Aguas Negras
- 2.- Cámara de Activación I
- 3.- Cámara de Activación II
- 4.- Cámara de Decantación III
- 5.- Cañería de Descarga

- 6.- Cámara de Tratamiento de Agua IV
- 7.- Distribuidor
- 8.- Recipiente de Desinfectante
- 9.- Rebalse a Sentina
- 10.- Bomba de descarga
- 11.- Válvula para Muestra
- 11A.- Válvula para Muestra
- 12.- Impulsor o Empujador
- 12A.- Impulsor o Empujador
- 13.- Tablero de Distribución Principal
- 14.- Descarga al Mar
- 15.- Retorno de Aguas Servidas
- 16.- Alarma para Sala de Maquinas
- 17.- Soplador
- 18.- Bomba Dosificadora

- 19.- Panel de Control
- 20.- Switch Principal
- 21.- Switch Selector
- 22.- Desahogo
- 23.- Dispositivo de Aireación
- 24.- Switch de Nivel
- 25.- Indicador de Funcionamiento
- 26.- Válvula Inyectora de Cloro
- 27.- Válvula de Control de Aire
- 28.- Válvula Antiretorno

3.3.3 Planta electro-catalíticas. Estos sistemas de tratamiento de aguas servidas, oxidan y desinfecta la corriente de aguas contaminadas mediante el uso de un proceso electroquímico. El proceso utiliza una celda electrolítica, la cual produce hipoclorito de sodio desinfectante a partir de agua salara (agua de mar) y lo introduce directamente en la corriente de aguas negras. Como este proceso tiene lugar mientras la corriente pasa entre los electrodos energizados de la celda, también tiene lugar la descomposición electrocatalítica de las moléculas orgánicas contenidas en la corriente de aguas negras: estos variados grupos de reacciones ocurren en forma simultánea, producen la eliminación rápida y casi total de los compuestos orgánicos y bacterias.

Descripción del proceso

Las aguas negras fluyen al interior del estanque de compensación. El estanque de compensación, sirve como cámara de compensación, lo cual permite el almacenamiento temporal del afluente en los periodos de sobrecarga de utilización, y permite la operación de la unidad sobre demanda, por medio de interruptores automáticos de nivel en el tanque. El afluente es bombeado desde el estanque de compensación por el macerador (la bomba trituradora de las aguas negras) a través de la celda electrocatalítica. Para asegurar un flujo regulado a través de la celda, una porción de la descarga del macerador es devuelta al estanque de compensación a través de un orificio de restricción.

El macerador tritura y reduce todas las partículas presentes en la corriente de aguas residuales a un tamaño máximo de 1,5 mm, con el objeto de asegurar un flujo uniforme entre los electrodos de la celda. Durante la operación normal, se agrega agua de mar a la salida del macerador y antes de la celda. El propósito principal de esta operación es suministrar el electrólito requerido para el funcionamiento apropiado de la celda.

La descarga de la celda electrolítica es una corriente desgasificada que entra a la “zona de reposo” del estanque de efluente. Como la zona de reposo del estanque de efluente siempre está llena y el flujo total del sistema está regulado, el afluente oxidado se eleva para ser descargado sobre la borda. Cuando la planta de tratamiento de aguas servidas negras se instala debajo de la línea de flotación, se requiere una bomba de descarga sobre la borda para elevar y descargar el líquido tratado desde el estanque de efluente.

Partes para conformar la planta Electrocatalítica

- 1.- Entrada de Aguas Servidas
- 2.- Switch de Nivel Alto (alarma)
- 3.- Switch de Nivel Alto (partida)
- 4.- Cámara de Nivel Bajo (parada)
- 5.- Drenaje
- 6.- Estanque de Compensación
- 7.- Válvula de Incomunicación
- 8.- Válvula de Bypass
- 9.- Filtro
- 10.- Control de Distribución de Flujo
- 11.- Panel de Control
- 12.- Bomba Maceradora
- 13.- Flange Perforado
- 14.- Válvula no Retornable
- 15.- Estanque de Efluente

- 16.- Descarga al Mar
- 17.- Válvula de Descarga
- 18.- Línea de Emergencia de Descarga al Mar
- 19.- Desahogo
- 20.- Ventilación Positiva
- 21.- Celda Electrocatalítica
- 22.- Línea de Suministro de Agua Salada
- 23.- Tubería para Desgasificación
- 24.- Válvula para Aire Comprimido
- 25.- Válvula de Control de Flujo
- 26.- Entrada de Baja Presión
- 27.- Entrada de Alta Presión

3.3.4 Instalaciones Mecánicas y eléctricas de los sistemas de las plantas. Las plantas de tratamiento de aguas servidas, son unidades modularizadas y por tanto vienen listas para ser instaladas y conectadas. La unidad viene completa y lista para operar, montada en su propia base del tipo SKID, con su tanque de proceso, los módulos de sedimentación, motobomba Maceradora, motobomba de flujo, motobomba de retorno de lodos, motobomba de retrolavado, motobomba para

descarga fuera de borda, panel eléctrico completo de control, operación y protección. Además de un estanque de 50 galones con sus conexiones, mangueras, etc. para ser montadas en un lugar conveniente. Junto a este equipo se adjunta un Kit de Transferencia, que empalma el estanque de almacenamiento a la Planta de Tratamiento, compuesta de: Motobomba trituradora lobular, los sensores de nivel y el tablero eléctrico que recibe las órdenes del programa Lógico de la Planta.

Como se menciona anteriormente, las plantas de tratamiento de aguas servidas son unidades modularizadas y por lo mismo su instalación mecánica y de circuitos, no representa mayores dificultades ya que trae las salidas y conexiones, claramente señaladas. Por otra parte, si además de la planta se cuenta con un estanque séptico (mencionado anteriormente) al cual todas las descargas de las aguas grises y negras están conectadas, será necesario y/o imprescindible contar con el Kit de Transferencia ya descrito. Importante es destacar las ventajas que representa tener un estanque séptico, es decir, en caso de que la planta presente alguna falla, los usuarios pueden seguir utilizando los sanitarios en forma normal, ya que existe la alternativa de efectuar la descarga desde el estanque directamente al mar.

Con respecto a la instalación eléctrica, se debe tener en cuenta los consumos totales de cada uno de los componentes de la planta, como por ejemplo: Bomba de Descarga, Soplador, Bomba Dosificadora y Bomba de Descarga, en caso de contar con estanque séptico. La instalación eléctrica, básicamente consiste en conectar la planta al tablero de distribución principal, el cual está alimentado por los generadores y en caso de contar con un estanque séptico se debe conectar al partidor directo de la bomba de descarga al mismo, paralelamente a esto los controles de la planta se deben conectar al panel de alarma general.

3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANTA NUEVA

1. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "KD-80 OceanClean vacío"

I. Datos hidráulicos

- Hidráulico de carga real: 14,80 m³ / 24h
- Orgánica de carga real: 12,08 kg/24h
- Carga hidráulica requerida según. a la OMI: 10,80 m³ / 24h
- Carga orgánica requiere según. a la OMI: 4,00 kg/24h

Nota: El presente cálculo se basa en las directrices de la OMI de convenciones / del Mar Báltico

II. Mediciones

- Dimensiones: 3630x1860x1400 (L x W x H)
- Peso (vacío): aprox. 1400 kg
- Peso (en funcionamiento): aprox. 5.800 kg
- Peso (envío): aprox. 1800 kg

III. Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales "KD-80 OceanClean vacío"

- General.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Biológica "KD-80 OceanClean vacío" está totalmente hecho de acero inoxidable resistente al ácido, probado según. A la OMI-Res.MEPC.2 (VI) y el CAC. En el MARPOL 73/78, Anexo IV y la Convención de Helsinki.

Los certificados son aceptados por USCG para no buques de bandera. El "KD-80 OceanClean vacío" es un sistema de cuatro cámaras, con lo que se llama sumergida bio cama. Todas las unidades de accesorios se montan en la planta de tratamiento de aguas residuales, con toda la tubería interna y cableado, totalmente revisados y probados, listos para su puesta en.

- Sistema Eléctrico

El gabinete de control eléctrico, incluyendo el transformador, relés de detección, todos los interruptores necesarios, relés de control y lámparas de control (LED), está hecho de acero al carbono, según protegidas. a IP66, recubiertos con acabado RAL 7032 equipado con entradas de cables con el relleno según arbustos según DIN 89280 y tapones puerta.

Nivel de arranque-parada de la bomba de descarga y de alarma de alto nivel se mide por el método de conductor. Un libre de potencial de contacto para una alarma común p. se proporciona.

- Descarga de la bomba

Es una bomba de aguas residuales S40 horizontal, con

- Cierre mecánico
- Dispositivo de corte
- Succión / brida de descarga DN 32/25, PN 10.

Materiales: Rodete de hierro fundido GG 25

Caja de hierro fundido GG 25

Eje de acero inoxidable 1.4571

Motor eléctrico: 1,5 kW, 380/440V-50/60cs, IP 55, clase F ISO

- Soplador de aire

La planta de tratamiento de aguas residuales se ventila a través de una membrana sumergida especial por un lado los llamados canal del ventilador. El único mantenimiento de sus repuestos son los cojinetes del motor del ventilador, lo que debería sustituirse a los 5 años de operación.

Motor eléctrico: 0,75 kW, 380/440V-50/60cs, IP 55, ISO Clase F

- Bomba dosificadora

Es una bomba de diafragma de tipo con longitud de movimiento variable para el control y la mezcla de la desinfectante. Todas las piezas que están en contacto con el medio son de plástico resistente al ácido.

Motor eléctrico: 230V-50/60cs, 20 W

- 1 Envase del desinfectante
- Vacío

Sistema que consiste en:
- 2 Vacuumator Jets 25 MBA (cada uno: 380V/50Hz/3kW o 440V/60Hz/3, 45kW)
(Caja, cuchillos, impulsor, eje - fabricado en acero inoxidable)

- 2 interruptores de vacío

- 1 bomba múltiple, incluyendo válvulas de bola y compensadores

El sistema de vacío se instala en la base de plantas comunes de tratamiento de aguas residuales con todas las tuberías y sistema de cableado. El control eléctrico

está integrado en el armario de control (véase el punto 2). El consumo total de electricidad de la planta depuradora de tratamiento biológico es de aproximadamente 9 kW.

IV. Planta de tratamiento biológico de aguas residuales "KD Oceanclean

El "KD Oceanclean, planta de tratamiento de aguas residuales ha sido diseñado por Dieter van Züren sobre la base de más de 30 años de experiencia en este campo. Se trata de un sistema de cuatro cámaras con un sistema integrado de bio cama y un sistema de aireación de propiedad totalmente hecha de acero inoxidable resistente al ácido. Puede ser utilizado para los sistemas de gravedad o de vacío y está disponible con una capacidad de 15 hasta 330 personas.

certificado según resolución de la OMI²⁷ MEPC2 (IV), de conformidad con el Convenio MARPOL 73/78, Anexo IV, Reg. 9)

V. Descripción del sistema

Sala Primera - tratamiento mecánico

Las aguas residuales se conducen a la primera cámara (por sistema de gravedad o el vacío), donde se mecánicamente tratado por un macerador cortarlo en trozos pequeños y mezclar correctamente antes de entrar en la segunda cámara.

Sala Segunda - El tratamiento biológico

La segunda cámara está equipada con una cama integrada bio que ampliar la superficie disponible para las bacterias a una óptima. El sistema de aireación de propiedad proporciona el oxígeno necesario para el crecimiento de la biomasa. En esta cámara el agua residual se convierte en dióxido de carbono y del agua. El agua tratada es el plomo en los sólidos y el tercero, cámara de biológicos y las células muertas fregadero de los lodos en el fondo de la cámara. A través de un dispositivo automático de elevación de lodos que se entrega de nuevo a la primera cámara para ponerla en el proceso de nuevo. Esto asegura un mínimo de lodos muertos que hay que quitar de vez en cuando (cada cuatro semanas).

Sala Tercera - Tratamiento de la gravedad

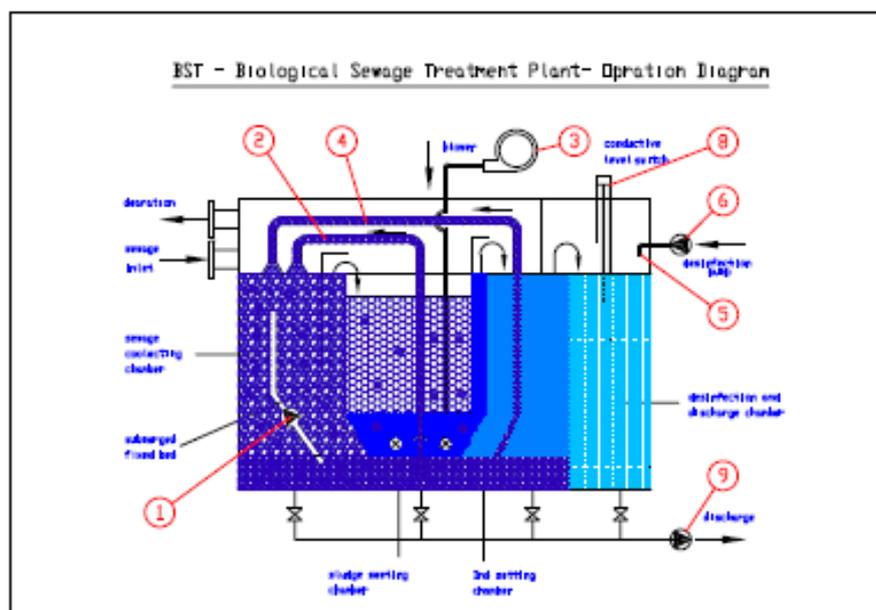
El agua tratada, entrando en la tercera cámara, contiene una pequeña cantidad de elementos sólidos, que se hunden a la parte inferior de la misma. Mediante un dispositivo de lodos de más elevación que se vuelve a poner así a la primera

²⁷ Organización Marítima Internacional. MEPC2 IV.

cámara. Las partes de agua libre de sólidos entra en la cámara de cuarto - desinfección y la cámara de descarga.

Sala Cuarta - El tratamiento químico

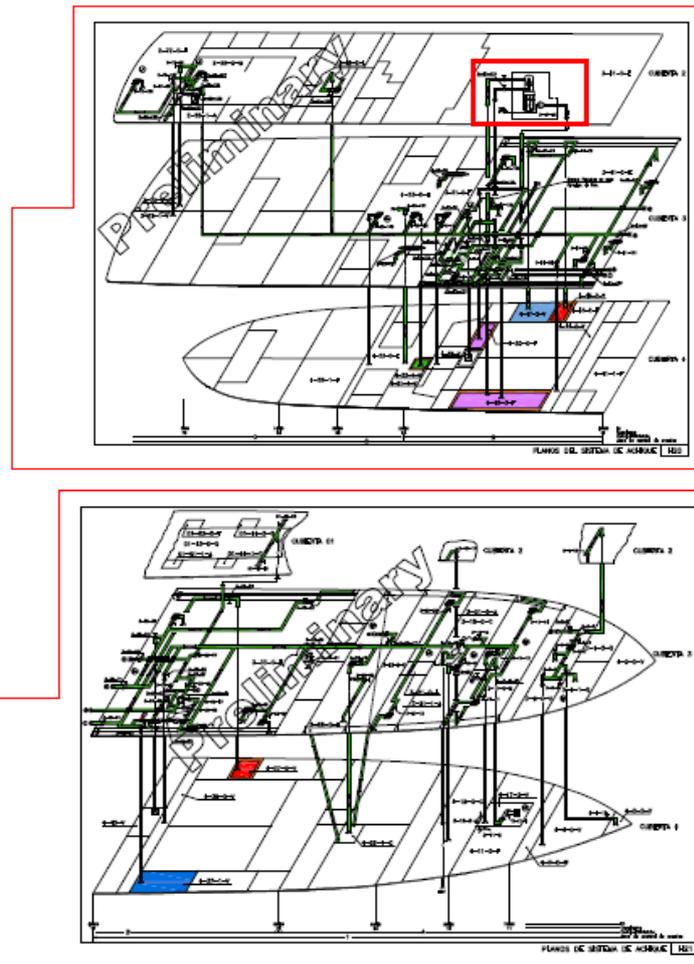
Junto con el agua gris de la nave el agua residual tratada se desinfecta con cloro. La cámara está equipada con un sensor de conductor, la medición del nivel mín-máx. Al máximo nivel de la bomba de descarga se inicia automáticamente y se detiene en el nivel min. A nivel de minutos uno se define cantidad de desinfectante se añade para garantizar un tiempo máximo de exposición del desinfectante con el agua tratada. La desinfección se puede hacer por un sistema de luz ultravioleta (UV) u otro sistema de desinfección se puede instalar. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Biológica "KD Oceanclean se entregará de forma predeterminada con todos los tuberías y el cableado interno, totalmente revisados y probados, listos para su puesta en marcha.



3.5 PLANOS DE SISTEMAS EN UNA EMBARCACIÓN TIPO FRAGATA DE LA ARMADA NACIONAL

3.5.1 Sistema de Achique

Figura 16. Sistema de Achique



Fuente. Planos obtenidos Armada Nacional de Colombia. 2011

3.5.2 Sistema de agua de lastre. Este equipo se baso en tecnologías avanzadas de oxidación. Estos sistemas, más conocidos por sus siglas en inglés AOT (*Advanced Oxidation Technology*), se fundamentan en la eliminación de los organismos no deseados, mediante la producción de radicales, cuya vida es de

milisegundos pero que es suficiente para romper la membrana celular de los microorganismos, destruyéndolos. Estos radicales se generan al hacer reaccionar catalizadores de dióxido de titanio mediante su exposición a los rayos ultravioleta.

Esta tecnología ya se ha utilizado con éxito en la auto limpieza de los cristales de rascacielos, siendo los propios rayos ultravioletas del sol en lugar de generarlos con una lámpara los que hacen el trabajo. Mediante esta tecnología puede reducirse la cantidad de organismos de más de 50 μm por debajo de 10 individuos por metro cúbico y los inferiores a este tamaño a 10 individuos por cada mililitro, que son los límites que exige la IMO.

El motivo que llevó a la elección de esta tecnología no fue otro que la ausencia de cualquier tipo de sustancia química en el proceso. Esta circunstancia supone las siguientes ventajas:

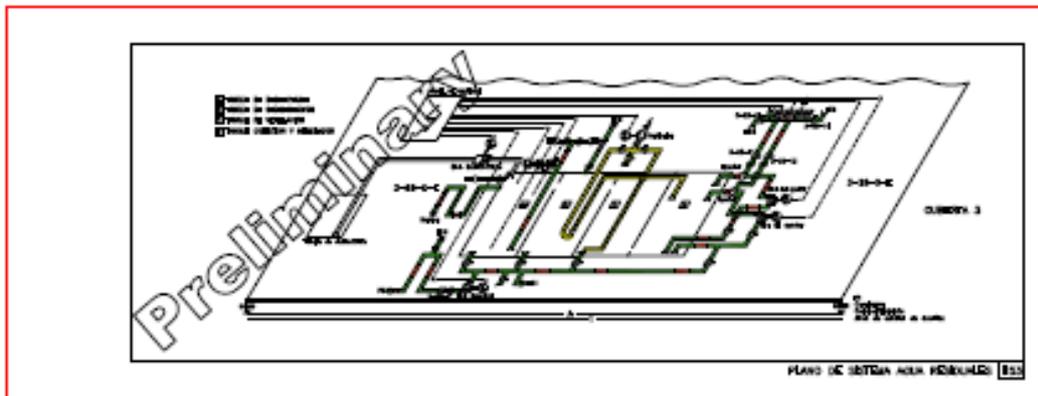
- No se requiere almacenamiento, es decir se elimina la servidumbre de la instalación de un tanque o tanques en el buque, para los que, en algunos casos, podría ser incluso necesario un tratamiento especial de aislamiento por una fuga de dicha sustancia (que podría ser algún derivado de cloro) fuese peligrosa para la integridad física de la tripulación, en el caso de que la fuga superara una determinada concentración.
- Siempre que se utilizan sustancias químicas se está utilizando directamente el concepto de dosificación, que si no se hace en sus valores correctos tiene gran impacto, no sólo sobre el agua a tratar, sino también sobre la propia estructura del buque, pudiendo dañar la protección del tanque y posteriormente el mismo acero.
- Como es evidente, ese producto químico es fungible, por lo que se debe reponer cada cierto tiempo, pudiéndose producir, en determinados lugares, un fallo de suministro que, o bien retrasaría la salida del buque, o bien implicaría un tratamiento incorrecto.

- Como tal suministro, supone para el armador un desembolso económico periódico que afectaría a la cuenta de explotación del buque.

El equipo de tratamiento de agua lastre debe integrarse en el sistema de lastre del buque, debiendo tener el menos empacho posible sin perjudicar por ello las labores de utilización y mantenimiento del mismo.

3.5.3 Sistema de Aguas Residuales

Figura 17. Sistema agua residuales



Fuente. Planos obtenidos Armada Nacional de Colombia. 2011

4. CARACTERISTICAS DE LA PLANTA ANTERIOR

Los costos ocasionados debido en el cambio de estas plantas de tratamiento en las embarcaciones tipo fragata de la Armada Nacional, se pueden establecer mediante el cambio de estas.

En la actualidad las unidades tipo fragata F1500 de la Armada de Colombia cuentan con un sistema para tratamiento de aguas negras marca FORMAT-Chemie+apparate, Hamburg, Germany. Modelo MSTP 5 para máximo 110 personas con una capacidad de 33 m³/día.

La planta actual tiene las siguientes dimensiones:

Largo: 3425 mm.

Ancho: 2450 mm.

Alto: 2000 mm.

Estas unidades tienen capacidad para acomodar 100 tripulantes en condiciones normales de operación. Tomando como base de cálculo el libro Marine Engineering, se puede determinar que el consumo de agua por persona para buques militares, incluyendo aguas grises y negras, está calculado en 122 litros día (32 galones/día) para sistemas sanitarios de vacío. Teniendo en cuenta que estos buques hacen navegaciones mayores a 24 horas, el volumen diario a tratar esta determinado por el consumo de agua por persona día multiplicado por el número de tripulantes.

Tabla 2. Cálculo del volumen diario a tratar

Consumo diario (l/día)	Número de tripulantes	Total (l/día)
122	100	12200

Por lo anterior la planta a suministrar deberá estar en condiciones de tratar al menos 12.2 m³/día en aguas grises y aguas negras.

Esta planta no realizaba sus proceso completo desde hace 10 años ya que no se encontraba en funcionamiento la parte de desinfección.

4.1 PROPUESTAS ANALIZADAS

Con los datos de placa de la planta actual y los planos dimensionales de la planta instalada, algunos fabricantes ofrecieron equipos destinados para ello. Para el reemplazo de la planta actual se presentaron los siguientes oferentes, con los modelos propuestos:

Tabla 3. Listado de oferentes y modelos

Oferente	Modelo	TIPO	Capacidad l/día	Peso Vacío kg	Peso en operación kg
REDFOX	RF-2500-FP	VACIO	9960	1347	7300
DETEGASA	PR 870-W	VACIO	8700	3360	14130
OCEAN CLEAN	KD-80 V	VACIO	14800	1400	5800
OCEAN CLEAN	KD-100 V	VACIO	18500	1800	8000
GERTSEN OLUFSEN	MBR 125 BG	VACIO	23100	2000	9000
OMNIPURE	12MXMP	VACIO	28390	1500	4041

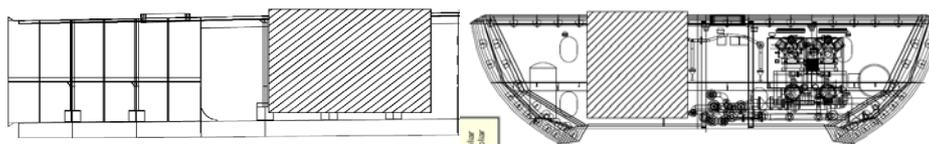
En la siguiente tabla se aprecian los pesos y dimensiones de las plantas ofertada

Tabla 4. Pesos y dimensiones

Oferente	Modelo	Dimensiones L x A x H mm	Dimensiones de vacío L x A x H mm
REDFOX	RF-2500-FP	3023 x 2388 x 2582	No cotizado
DETEGASA	PR 870-W	4170 x 2096 x 2200	802 x 1315 x 1644
OCEAN CLEAN	KD-80 V	3630 x 1960 x 1400	Incluido
OCEAN CLEAN	KD-100 V	4000 x 1800 x 1600	Incluido
GERTSEN OLUFSEN	MBR 125 BG	4115 x 2230 x 2000	Incluido
OMNIPURE	12MXMP	2616 x 1219 x 2261	1220 x 1220 x 1850

4.2.1 Propuesta de la marca REDFOX. Esta marca ofrece una planta biológica por vacío referencia RF-2500-FP, con capacidad para procesar 9960 l/día, con unas dimensiones en mm (L x A x H) 3023 x 2388 x 2582, faltando las dimensiones del módulo de vacío que no fue ofertado. Esta planta está aprobada por IMO y USCG. Al modelar esta planta en TRIBON e integrarla a la maqueta electrónica se encuentra que la altura sobrepasa la distancia que hay entre cubiertas. Ver Figura 18.

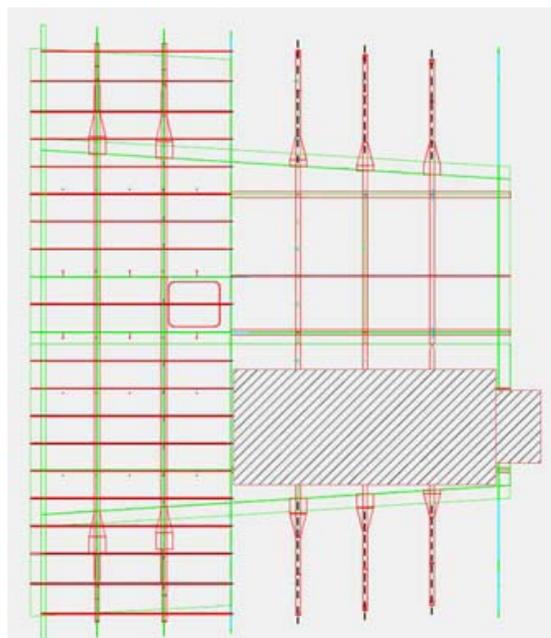
Figura 18. Planta REDFOX RF 200 FP- Instalada



4.2.2 Propuesta de la marca DETEGASA. Esta marca ofrece una planta biológica por vacío referencia PR 870-W, con capacidad para procesar 8700 l/día, con unas dimensiones en mm (L x A x H) 4972 x 2029 x 2200 incluido el módulo de vacío. Esta planta está aprobada por IMO y USCG. Al modelar esta planta en TRIBON incluyendo el modulo de vacío e integrarla a la maqueta electrónica se

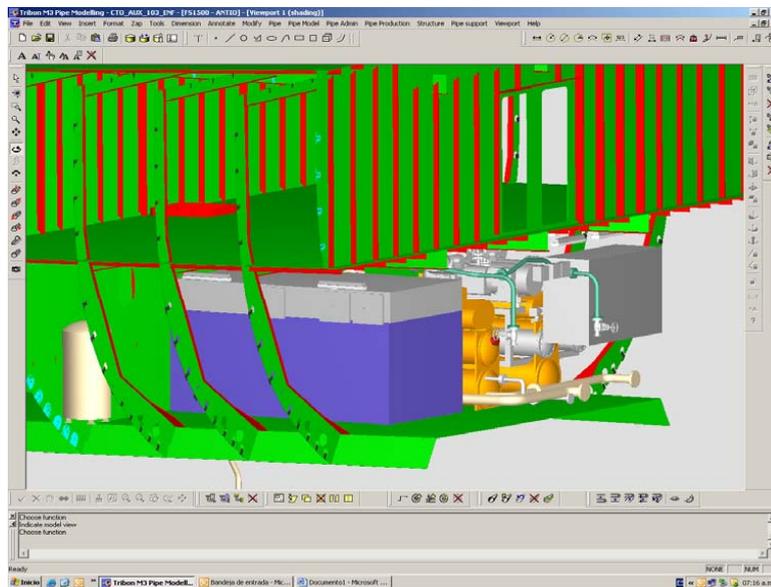
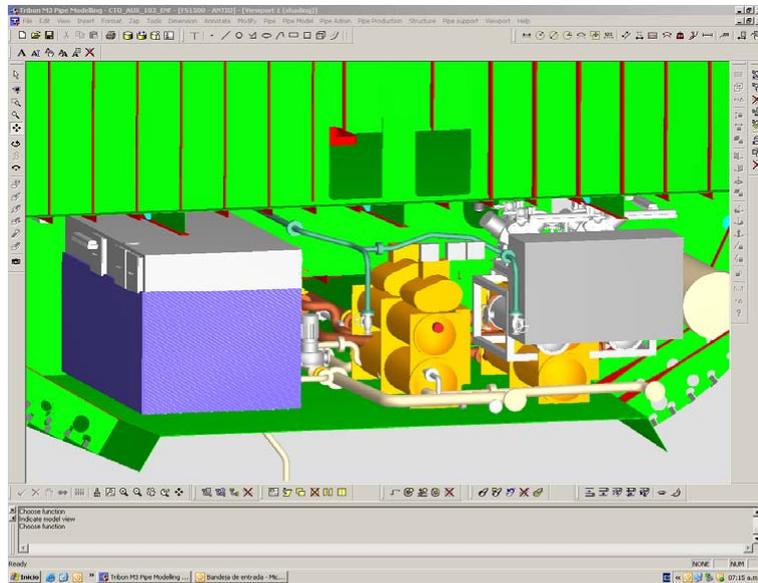
encuentra que la longitud sobrepasa la máxima longitud que hay en el cuarto de maquinas auxiliar de proa, pasando al cuarto de convertidores. Ver Figura 19.

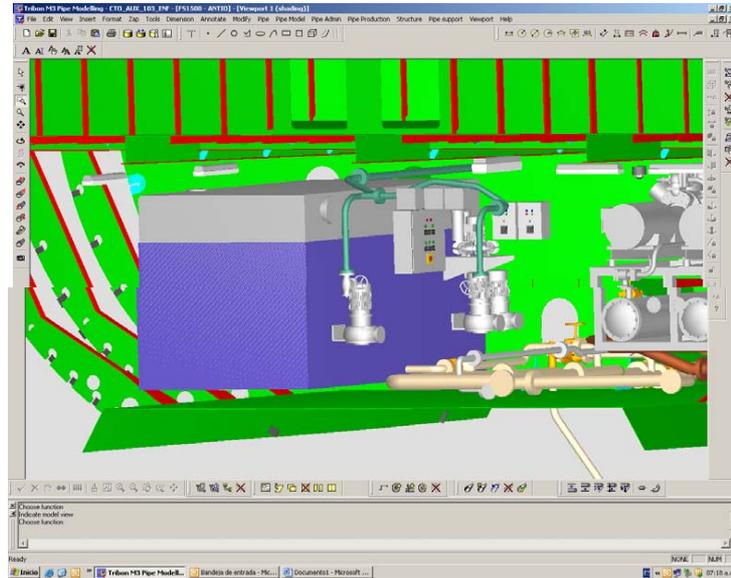
Figura 19. Planta DETEGASA PR870-W Instalada



4.2.3 Propuesta de la marca Ocean Clean. Esta marca ofrece una planta biológica por vacío referencia KD-80-V, con capacidad para procesar 14800 l/día, con unas dimensiones en mm (L x A x H) 3630 x 1860 x 1400 incluido el módulo de vacío. Esta planta está aprobada por IMO y por la Convención de Helsinki. Esta marca será utilizada en el proyecto OPV. Al modelar esta planta en TRIBON incluyendo el modulo de vacío e integrarla a la maqueta electrónica se encuentra que no presenta problemas para ser instalada. Ver Figura 20.

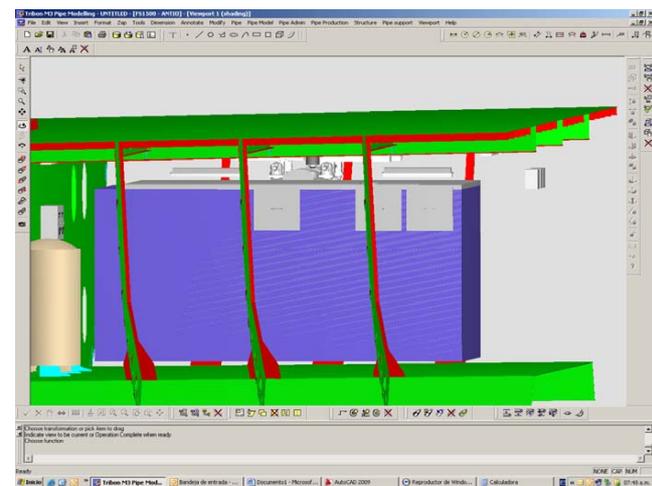
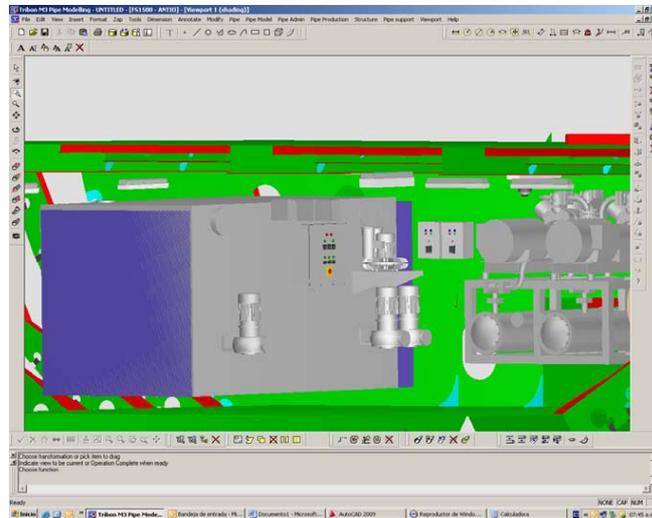
Figura 20. Planta Ocean Clean KD-80- V Instalada

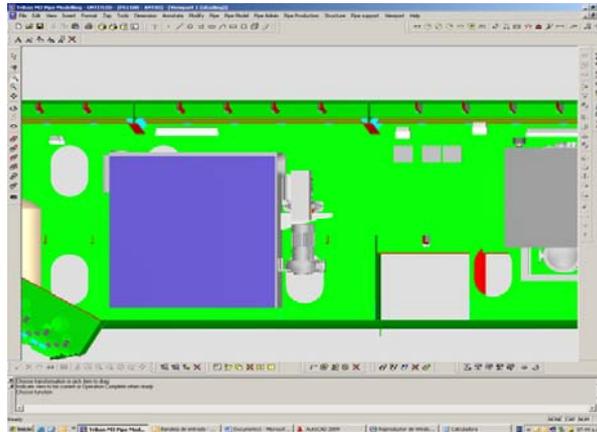




4.2.4 Propuesta 2 de la marca Ocean Clean. Esta marca ofrece una planta biológica por vacío referencia KD-100-V, con capacidad para procesar 18500 l/día, con unas dimensiones en mm (L x A x H) 4000 x 1800 x 1600 incluido el módulo de vacío. Esta planta está aprobada por IMO y por la Convención de Helsinki. Esta marca será utilizada en el proyecto OPV Al modelar esta planta en TRIBON incluyendo el modulo de vacío e integrarla a la maqueta electrónica se encuentra que para ser instalada se requiere modificar los enjaretados que se encuentran alrededor. No presenta problemas por la altura de instalación. Ver Figura 21.

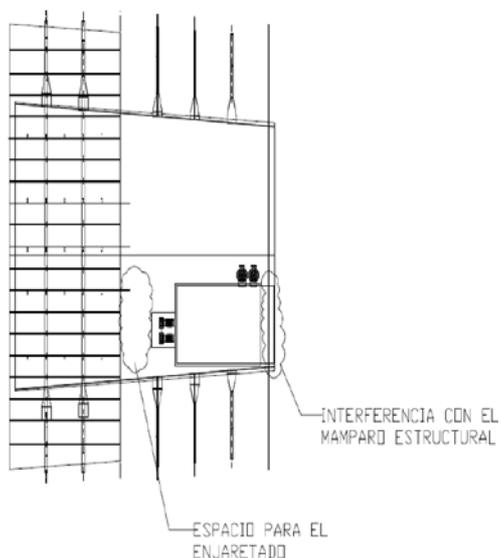
Figura 21. Planta Ocean Clean KD-100-V instalada





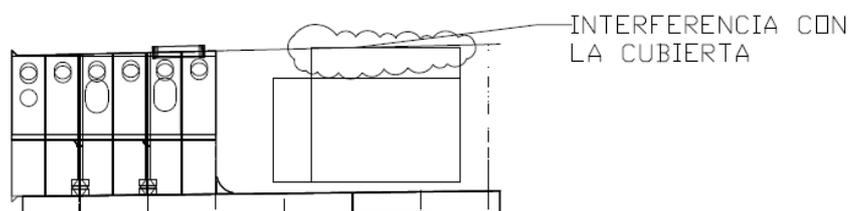
4.2.5 Propuesta de la marca GERTSEN OLUFSEN. Esta marca ofrece una planta biológica por vacío referencia MBR 125 BG-V STP, con capacidad para procesar 23100 l/día, con unas dimensiones en mm (L x A x H) 4115 x 2230 x 2000 incluido el módulo de vacío. Esta planta está aprobada por IMO. Al modelar esta planta en TRIBON incluyendo el modulo de vacío e integrarla a la maqueta electrónica se encuentra que la longitud sobrepasa la máxima longitud que hay en el cuarto de maquinas auxiliar de proa, pasando al cuarto de convertidores. Ver Figura 22.

Figura 22. Planta GERTSEN OLUFSEN MBR 125 BG-V STP instalada



4.2.6 Propuesta de la marca OMNIPURE. Esta marca ofrece una planta con sistema de celda electrolítica, por vacío referencia 12MXMP, con capacidad para procesar 28390 l/día, con unas dimensiones en mm (L x A x H) 3900 x 1220 x 2261 incluido el módulo de vacío. Esta planta está aprobada por IMO y USCG. Para el funcionamiento de la celda electrolítica se requiere instalar una línea de agua de mar. Al modelar esta planta en TRIBON incluyendo el modulo de vacío e integrarla a la maqueta electrónica se encuentra que la altura presenta interferencia con la cubierta superior del cuarto de maquinas auxiliar de proa. Ver Figura 23

Figura 23. Planta OMNIPURE 12MXMP Instalada



4.3 RESULTADOS

De acuerdo con el análisis anterior la única planta que cumple con los requerimientos de aceptación es la OCEAN CLEAN KD-80-V, con una capacidad de procesamiento de 14800 l/día. Esta marca y referencia será instalada en el proyecto OPV y en las Fragatas de la ARMADA NACIONAL.

Con algunos cambios a los ruteados de tuberías y los equipos instalados en el cuarto auxiliar de proa, es posible instalar las plantas Ocean Clean KD-100-V y GERTSEN OLUFSEN MBR 125 BG-V STP

Las plantas DETEGASA PR 870-W, REDFOX RF-2500-FP no cumplen con la capacidad de procesamiento calculada para este tipo de unidades; adicionalmente debido a las dimensiones de estos equipos, presentan interferencias con cubiertas o mamparos. La planta OMNIPURE 12MXMP cumple con el requisito de procesamiento, sin embargo debido a las dimensiones presenta interferencia con la cubierta superior del cuarto auxiliar de proa.

Para demostrar que la nueva planta de tratamiento de aguas residuales cumple con la norma se recomienda:

Comprobado el correcto funcionamiento de la bomba de aguas grises y del sistema de vacío, poner operativa la PTAN y observar su funcionamiento bajo condiciones normales promedio 8 horas continuas durante 10 días y durante 3 veces al día procesar a la capacidad pico de la planta.

El tiempo de prueba y la cantidad de muestras descritos en el procedimiento son recomendados por la resolución IMO MEPC 159(55) Art. 5.3.

La PTAN cumple con los requerimientos de la norma IMO-Resolution MEPC (VI) y MARPOL73/78 Anexo IV, la cual describe que la calidad del fluido para descargas al mar al finalizar el proceso de tratamiento bajo condiciones normales debe cumplir los siguientes requerimientos:

Tabla 5. Requerimientos para cumplir con la norma

Partícula.	IMO MARPOL Anexo IV (max. cantidad)
Sólidos suspendidos	100 mg/ L
Part. Coliformes	250/ 100 mL
BOD (Demanda biológica de oxígeno)	50 mg/ L
pH	No especificado

CONCLUSIONES

El propósito de implementar un mejor proceso de tratamiento de los efluentes que son vertidos en los mares y los que son descargados en dique es disminuir la contaminación que producen los diferentes equipos o maquinaria de las embarcaciones marinas.

En las embarcaciones marítimas mantienen un esfuerzo permanente en ellos para el estricto cumplimiento del Convenio MARPOL.

En el componente agua, el impacto se produce en la calidad del agua, aunque de manera irrelevante según la evaluación de los impactos causa un efecto, en el cambio de las propiedades fisicoquímicas del agua marina y por ende en la biota marina pelágica, principalmente debido a la descarga de aguas servidas, agua de lastre, residuos oleosos y fluidos residuales provenientes de los cables sísmicos en caso de ruptura y por derrame accidental de combustible en el abastecimiento a la embarcación sísmica en puerto y/o de la embarcación de apoyo, por inadecuado manejo o eventos fortuitos.

La embarcación podrá efectuar la descarga de disposición final de las aguas servidas a una distancia superior a cuatro (4) millas marinas de la línea de costa, si las aguas residuales han sido previamente tratadas. Las embarcaciones contarán con un tanque de retención, el cual tendrá una capacidad suficiente para retener todas las aguas residuales, teniendo en cuenta el servicio que presta el barco y el número de personas a bordo.

Las aguas residuales almacenadas en los tanques de retención no se descargarán instantáneamente, sino a un régimen moderado, hallándose la embarcación en ruta navegando a velocidad no menor de cuatro (4) nudos. Dicho régimen de descarga

será aprobado por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas basándose en normas elaboradas por la Organización Marítima Internacional.

El plan de manejo de residuos sólidos, se desarrolla como un Programa Integral que establece la identificación de los residuos desde su origen, con un apropiado sistema de recolección y segregación, transporte seguro y una disposición final de manera responsable, considerando según aplicabilidad y de conformidad a la normatividad nacional vigente, asimismo considerando la adecuada caracterización de los desechos y reducción de los materiales que originan desechos, en las operaciones del barco sísmico, tratamiento a bordo y transporte de residuos sólidos a tierra, facilitando en todo momento el adecuado almacenamiento para evitar descargas accidentales y facilitar su disposición final.

BIBLIOGRAFIA

ESTUDIO del Impacto ambiental del tráfico marítimo. Barcelona, España. 2005.

NUÑEZ BESANEZ. Gestión integral del agua de los tanques de lastre, Una necesidad medio ambiental. Consultado en: www.hidritec.com Diciembre 2010

CONVENIO MARPOL

MARA Y CAIRNCROSS. (1990). Manejo y tratamiento de las diversas clases de efluentes. Editorial EDIR GM. p.34

ORGANIZACIÓN Marítima internacional (IMO)

PROGRAMA Nacional de aprovechamiento de aguas residuales, imta-cna, México, 1990

[Fhttp://www.nauticexpo.es/prod/mahle-industriefiltration/sistemas-de-tratamiento-de-aguas-de-sentina-para-buque-32554-207700.html](http://www.nauticexpo.es/prod/mahle-industriefiltration/sistemas-de-tratamiento-de-aguas-de-sentina-para-buque-32554-207700.html). Enero de 201

<http://es.wikipedia.org/wiki/Sentina>. Consulta Noviembre de 2010

<http://www.cco.gov.co/contmar1.htm#nueve> . consultado. Diciembre de 2010

www.hidritec.com . Consulta. Diciembre de 2010

www.La-Industria-del-Crucero-Cuestiones-Medioambientales-Contaminantes.html. Consultado Diciembre de 2010

ANEXOS

ANEXO 1. NORMA MARPOL. Convenio internacional que tiene el propósito de prevenir la contaminación del medio marino, controlando las descargas de efluentes mediante los siguientes anexos.

Anexo I: Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos.

Este anexo aplica para buques petroleros y no petroleros que tengan abordaje de hidrocarburos o mezclas oleosas, los buques que están exentos de estas normas son los buques de guerra.

Todos los barcos petroleros y demás barcos iguales o mayores de 400 TRB²⁸ fuera de las zonas especiales tienen prohibido la descarga de hidrocarburos y mezclas oleosas. Excepto que:

- El petrolero se encuentre a más de 50 millas marinas de tierra próxima.
- El petrolero esté en ruta.
- La descarga de hidrocarburos no exceda de 30 litros por milla marina.
- la cantidad total de hidrocarburos descargada en el mar no exceda, en el caso de petroleros existentes, de 1/15 000 del cargamento total de que formaban parte los residuos y, en el caso de petroleros nuevos, 1/30 000 del cargamento total de que formaban parte los residuos.
- el petrolero tenga en funcionamiento un sistema de vigilancia y control de descargas de hidrocarburos y disponga de un tanque de decantación²⁹.

Tratándose de buques no petroleros cuyo arqueado bruto sea igual o superior a 400 toneladas y de buques petroleros por lo que se refiere a las aguas de las sentinas de los espacios de máquinas, exceptuados los de la cámara de bombas de carga

²⁸ Tonelada de Registro Bruto

²⁹ MARPOL 73/78

a menos que dichas aguas estén mezcladas con residuos de carga de hidrocarburos:

- Que el buque no se encuentre en una zona especial;
- Que el buque este en ruta;
- Que el contenido de hidrocarburos del efluente sin dilución no exceda de 15 partes por millón
- Que el buque tenga en funcionamiento el equipo filtrador de hidrocarburo

“La descarga de hidrocarburos está completamente prohibida en las áreas especiales. Estas zonas están delimitadas por unas longitudes y latitudes y se encuentran en el Mediterráneo, mar negro, el báltico, mar rojo, el área del golfo de Adén, el área del antártico y el área que conforma el noreste de las aguas europeas”³⁰.

Condiciones que se deben cumplir cuando se hacen descargas dentro de áreas especiales:

- El agua de sentinas no puede proceder de las sentinas de la sala de bombas de carga
- El agua de sentinas no puede estar mezclada con residuos de hidrocarburos
- Buque debe estar en curso.
- el contenido de hidrocarburos de efluente, sin disolución, debe ser menor de 15ppm
- El buque cuente con un equipo de filtrado de hidrocarburos que cumpla con la normativa

³⁰ Idem.

- El sistema de filtrado cuenta con un mecanismo automático que para la descarga cuando sobrepase las 15 ppm.

Para que estas normas se cumplan MARPOL hizo una serie de reconocimientos:

- Cuando los barcos se estén construyendo cumplan con ciertas pruebas y ensayos que estipula este anexo I, si el equipo cumple con la norma se emite un certificado de “internacional oil pollution” (IOPP), el cual tiene una vigencia de 5 años y es obligatorio para embarcaciones petroleras de más 150 TRB y para embarcaciones de 400 TRB o más.
- Se hace una inspección general anual a la embarcación y sus equipos para ver si están ejecutando los requerimientos para los que fueron construidos.
- Se realiza un reconocimiento intermedio de la embarcación y sus equipos para renovar el certificado de IOPP. Esta renovación se puede pedir que se realice 6 meses antes o 6 meses después que se halla vencido el certificado.
- Se puede realizar inspecciones periódicas para asegurarse de que el certificado IOPP ha sido renovado. Las embarcaciones petroleros mayores o iguales a 150 TRB y los demás buques de 400 TRB o mas, están obligados a llevar a bordo el libro de registro de hidrocarburos, dónde se tienen que recoger todos los movimientos de los hidrocarburos que se hayan realizado. Este libro puede ser inspeccionado por las autoridades de cualquier estado que forme parte de la convención³¹

Anexo II: Reglas para prevenir el control de la contaminación por sustancias nocivas líquidas a granel.

³¹ MARPOL 73/78

Anexo III: Prevención de la contaminación por sustancias nocivas transportadas por mar embarcadas.

Anexo IV: Prevención de la contaminación por aguas sucias de los buques.

Anexo V: Prevención de la contaminación por basuras de los buques

Anexo VI: Prevención de la contaminación aérea por los buques

“La adopción de este convenio internacional implica el cumplimiento de los aspectos operacionales que deberá ser controlado por inspectores y personal especializado de las administraciones marítimas. Las administraciones marítimas suelen tener dos secciones de inspecciones, una especializada en la construcción naval y equipamientos y otra especializada en aspectos operacionales, tales como el control del lavado de tanques y descarga de lodos”³².

³² Estudio del impacto ambiental del tráfico marítimo Barcelona-Baleares