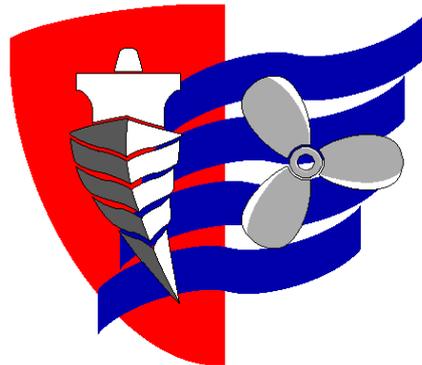


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE
SENTINAS EN UN BUQUE FERRY**

***ESTIMATE AND DESIGN OF BILGE'S
SERVICES ON FERRIES VESSELS***

Para acceder al Título de Grado en

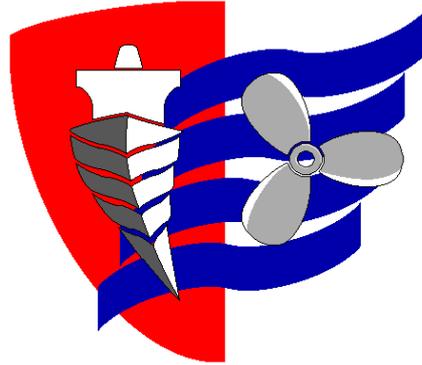
INGENIERÍA MARÍTIMA

Autor: Eduardo Polanco Canales

Director: Manuel Alfredo Girón

Julio - 2019

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE
SENTINAS EN UN BUQUE FERRY**

***ESTIMATE AND DESIGN OF BILGE'S
SERVICES ON FERRIES VESSELS***

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Julio - 2019

ÍNDICE

Resumen	5
Palabras clave	6
Summary	6
Keywords	7
1. Memoria.....	9
1.1. Objeto	9
1.2. Alcance.....	10
1.3. Antecedentes.....	10
1.3.1. Lodos	10
1.3.2. Tratamiento de agua de sentinas.....	11
1.3.3. Filtros coalescente	12
1.3.4. Separadores.....	14
1.3.5. Selección.....	18
1.4. Normas y Referencias	20
1.4.1. Normas.....	20
1.4.2. Bureau veritas	20
1.4.3. Bibliografía	24
1.5. Definiciones y abreviaturas.....	26
1.6. Requisitos de diseño.....	27
1.6.1. Datos principales del buque José María Entrecanales.....	27
1.6.2. Servicio de sentinas	32
1.7. Análisis de soluciones.....	33
1.7.1. EcoStream	33

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: ÍNDICE	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 4/84

1.7.2.	Elementos del EcoStream.....	35
1.7.3.	Funcionamiento.....	42
1.7.4.	Gea Bilge Separator.....	45
1.7.5.	Componentes Principales	46
1.7.6.	Funcionamiento.....	46
1.8.	Resultados finales	49
1.9.	Planificación.....	50
2.	Anexos.....	52
2.1.	Cálculos.....	52
2.1.1.	Cálculo de tuberías	52
2.1.2.	Cálculo de bombas.....	53
3.	Pliego de condiciones.....	56
3.1.	Condiciones de la obra	56
3.1.1.	Distribución y organización	57
3.1.2.	Materiales.....	57
3.1.3.	Control de calidad	58
3.1.4.	Muestras	59
3.1.5.	Organización	59
3.1.6.	Mandos y responsabilidades.....	60
3.1.7.	Interpretación y desarrollo del Proyecto	62
3.1.8.	Cambios en el proyecto.....	63
3.1.9.	Obras complementarias	63
3.1.10.	Obra defectuosa	64
3.1.11.	Recepción de las obras.....	64
3.1.12.	Medios auxiliares	65

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: ÍNDICE	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 5/84

3.1.13.	Contratación del Astillero	66
3.1.14.	Contrato	66
3.1.15.	Responsabilidad del astillero	67
3.1.16.	Recisión del contrato	68
3.2.	Condiciones Económicas.....	69
3.2.1.	Mediciones y valoraciones de la obra	69
3.2.2.	Abono de las obras	69
3.2.3.	Precio.....	70
3.2.4.	Revisión de precios.....	70
3.2.5.	Precios contradictorios.....	71
3.2.6.	Penalización por retraso.....	71
3.2.7.	Liquidación en caso de rescisión del contrato.....	71
3.2.8.	Fianza	72
3.2.9.	Conservación de las obras durante el plazo de garantía	73
3.2.10.	Medidas de seguridad.....	73
3.2.11.	Demoras	73
3.3.	Condiciones Facultativas.....	75
3.3.1.	Normas a seguir.....	75
3.3.2.	Personal	76
4.	Mediciones y presupuesto	78
4.1.	Presupuesto desglosado en partidas.....	78
4.1.1.	Materiales.....	78
4.1.2.	Mano de obra	79
4.1.3.	Equipo	80
4.2.	Balance final del presupuesto.....	80

RESUMEN

En la actualidad las normativas y legislaciones vigentes nos han llevado a establecer una serie de leyes y decretos sin los cuales no podríamos garantizar la seguridad en la mar. Pero este conjunto de normas estaba destinado a la protección contra posibles incidentes y a garantizar y salvaguardar la vida humana a bordo, sin tener en cuenta el gran impacto que ejercemos sobre el planeta al desarrollar toda clase de actividades en los océanos. No muchos años atrás era común limpiar tanques, bodegas, sentinas, aguas de lastre, aguas residuales, aguas de refrigeración... usando agua del mar y una vez cumplida su función era bombeada fuera del buque sin ningún tipo de control ni tratamiento. Pero el impacto generado por la navegación sin ningún tipo de control fue siendo cada vez más evidente hasta el punto de no poder ignorarlo y establecer así una legislación destinada a la protección de los océanos. Dichas normativas abarcan desde la contaminación por uso de hidrocarburos hasta el tratado de residuos a bordo y para que un buque pueda navegar, sin ser sancionado, por aguas donde esta legislación esté vigente debe cumplir con cada normativa presente.

PALABRAS CLAVE

Sentina, Lodo, Marpol I, separador de lodos, maquinaria a bordo, filtros coalescentes.

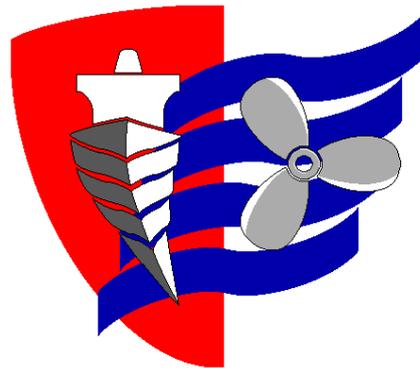
SUMMARY

Nowadays the regulations and laws in force have led us to establish serial laws and decrees without them we could not control safety at sea. But this set of rules was intended to protect against possible incidents, guaranteeing and safeguarding human life on board, without taking into account the great impact we have on the planet when developing all kinds of activities in the oceans. A few years ago it was common to clean tanks, warehouses, bilge water, ballast waters, sewage, cooling waters ... using seawater and once its function was done, it was pumped out of the vessel without any control or treatment. But the impact generated by cruising without any control was increasingly evident until it could not be ignored and the legislation was thought to protect the oceans. These regulations include pollution or the use of hydrocarbons and the on-board waste treaty and if a vessel want to navigate, without being sanctioned, by waters where this legislation is in force, must comply with all of them.

KEYWORDS

Bilge, sludge, Marpol I, sludge's treatment plant, machinery on board, coalescent filters.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



MEMORIA

1. MEMORIA

1.1. OBJETO

Las aguas generadas a bordo en un buque suponen un peligro medioambiental enorme y las aguas de sentinas no son ni mucho menos una excepción. Estas aguas contienen residuos muy amenazantes para el medio ambiente, por ello estas deben ser depuradas hasta que cumplan las normativas pertinentes y puedan ser bombeadas de nuevo a la mar sin ser perjudiciales para el ambiente marino.

Debido a la presente normativa internacional de tratado de agua de sentinas es necesario establecer cada vez mejores medidas a la hora del tratado de estas aguas, pero estas medidas no solo reducen la contaminación ambiental producida por los buques al descargar aguas de sentinas a la mar, sino que a su vez benefician a la propia navegación y operabilidad del buque. Con sistemas de depuración más modernos reducimos el gasto y a su vez reducimos los costes a la hora de tener que tratar estos residuos, producidos durante las travesías, en las instalaciones pertinentes en tierra.

Pero la tarea de depurar este tipo de fluidos de manera eficiente es muy dificultosa y más durante una travesía a bordo, donde las exigencias sobre la calidad son muy elevadas y se tienen que cumplir de manera continua.

Con este proyecto se pretende implantar en un buque un sistema de tratado de lodos, por separación centrifuga o filtros coalescentes para su continua operabilidad durante las travesías.

1.2. ALCANCE

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin de Grado al objeto de obtener el título de Grado en Ingeniería Marítima.

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1.LODOS

Se entiende como residuos aquellos que contienen aceites de desechos, aceites lubricantes, aceites hidráulicos, hidrocarburos..., generados durante las operaciones normales del buque pudiendo proceder de maquinaria tanto principal como auxiliar, de equipos filtradores, de bandejas o tanques de goteo durante trabajos de mantenimiento, purgas o fugas.

Generalmente en los tanques de sentinas se pueden encontrar sistemas de calefacción que mantienen lodos y residuos a temperatura elevada. Esto es así para facilitar la separación del agua de sentinas en diversas capas.

1. **Capa superior.** Gracias al aumento de la temperatura y la diferencia de densidades en el tanque el aceite y otros contenidos de baja densidad son elevados a la superficie lo cual facilita mucho su tratamiento al estar separado del resto.

- 2. Capa intermedia.** Esta es la capa con la que trabajaremos de manera principal y será con la que trabaje el sistema de tratamiento de agua de sentinas. Es una capa acuosa que contiene todavía restos de aceites, carburos, productos químicos partículas indeseadas.

- 3. Capa inferior.** En el fondo del tanque todavía queda una capa con los componentes más densos y pesados, los cuales también deberán ser tratados o quemados según convenga.

1.3.2. TRATAMIENTO DE AGUA DE SENTINAS

El sistema de tratado de aguas de sentina consiste en un circuito donde el agua es bombeada desde los tanques de sentinas a un sistema de tratado. Este sistema generalmente suele ser por filtros coalescentes o por un separador centrífugo. Una vez tratado el agua de sentinas si cumple con la normativa internacional del Marpol y no supera los 15ppm (partes por millón) establecidos, es descargada al mar, en caso de superar dicha cantidad deberá ser recirculada y volver a ser tratada hasta alcanzar los valores establecidos.

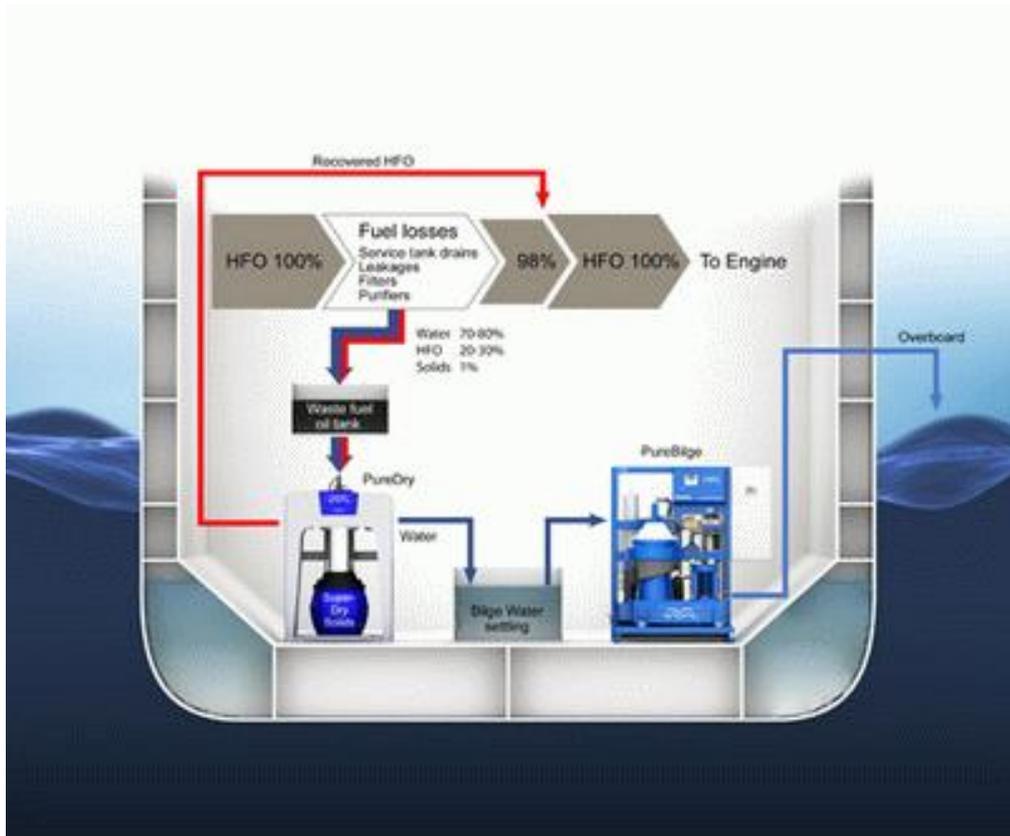


Figura 1. Esquema del sistema de tratamiento de sentinas.

Fuente: Maritime energy and transport (2019).

1.3.3. FILTROS COALESCENTE

Este sistema es muy empleado para tratar grandes cantidades de agua de sentina con baja concentración de aceite. El agua es pasada a través de unos cartuchos con unas placas porosas donde las partículas por coalescencia aumentan su tamaño hasta formar gotas de aceite y por gravedad son recogidas.

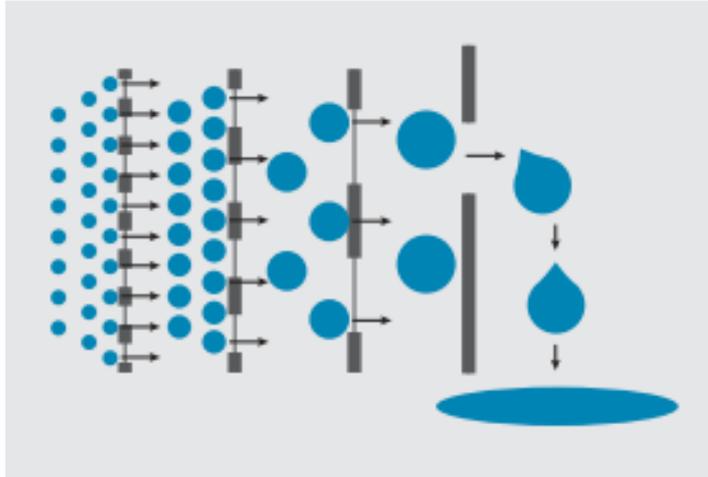


Figura 2. Principio de coalescencia.

Fuente: Indisa, (2019).

El funcionamiento del sistema separador se divide en tres etapas:

1. La primera etapa separa el agua del aceite por decantación, gracias a la diferencia de densidades. Después el fluido pasa por el separador a través de una tubería de pequeño diámetro lo que reduce la velocidad del fluido y se separa el aceite por esta baja velocidad con respecto al agua.
2. La segunda etapa consistirá en separar el aceite formando gotas de cada vez mayor diámetro entre las placas y una vez formadas las gotas de suficiente tamaño subirán a la superficie por densidad.
3. En la tercera etapa las gotas de aceite formadas anteriormente pasaran a través de unas placas onduladas y perforadas hasta terminar en una cámara.

1.3.4.SEPARADORES

Un separador centrífugo funciona bajo el mecanismo de la floculación. Para entender su rendimiento, eficacia y operabilidad debemos desarrollar el concepto de floculación y sus parámetros respecto a un separador:

- La floculación es el proceso donde varias partículas se rejunten y agregan sin la necesidad de perder sus propiedades propias.
- Para ello, debemos desarrollar una fuerza centrífuga que ayuda en el proceso de floculación, incluso de pequeñas partículas.
- Si el pH del elemento es alcalino mejorará y facilitará el proceso de floculación. Para ello nos debemos encontrar con un pH de 7 (el cual sería neutro) o mayor (hasta 14 y ser totalmente alcalino) preferentemente alcalino.

- Se agregan floculantes químicos para reducir o eliminar fuerzas electrostáticas entre las partículas del elemento ya que estas pueden ser de repulsión dificultando o incluso impidiendo la floculación.

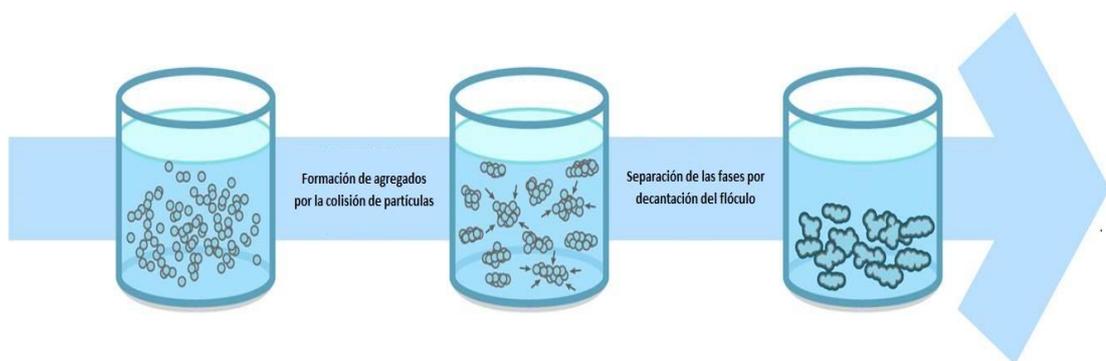


Figura 3. Principio de floculación.

Fuente: Principios de funcionamiento de la floculación, (2019).

El proceso se basa en la separación centrífuga, por lo tanto, en la diferencia de densidades entre los elementos en suspensión a eliminar.

Para determinar los parámetros de sedimentación de una partícula aplicamos la ley de Stokes. Donde su fórmula viene dada según la diferencia de densidades entre la célula y el medio, el radio de la célula al cuadrado (o diámetro dependiendo de la formula, siendo ambas validas), la viscosidad del medio y la constante de la gravedad (la temperatura no interviene directamente en la fórmula, pero puede ser influyente ya que modifica directamente la viscosidad del medio).

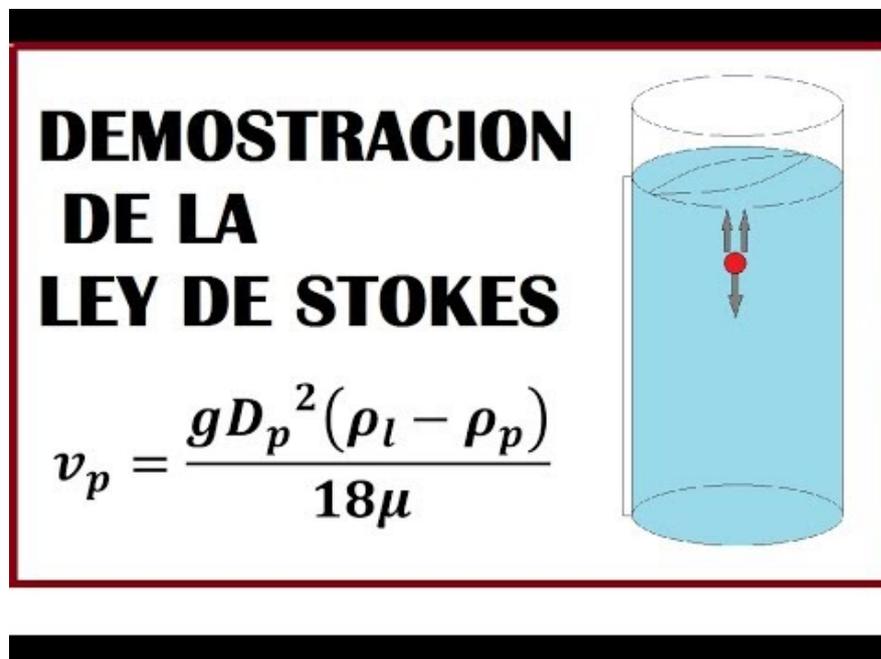


Figura 4. Ley de Stokes

Fuente: Demostración de la ley de Stokes, (2019)

The diagram shows the Stokes' law formula:
$$V = \frac{2g(\rho - \rho')r^2}{9\eta}$$
 Each parameter in the formula is enclosed in a red box and connected to a label in another red box by a red line. The labels are: 'Densidad de la célula' (connected to ρ), 'Densidad del medio' (connected to ρ'), 'Radio de la célula' (connected to r^2), 'Viscosidad del medio' (connected to η), and 'Constante gravitacional' (connected to g). The number '2' is also circled in red.

Figura 9. Parámetros de la ley de Stokes.

Fuente: Demostración de la ley de Stokes, (2019).

Como podemos apreciar en la fórmula la velocidad de sedimentación (v) depende de la diferencia entre densidades, pero este no es el parámetro que más afecte a dicha velocidad, sino que la dimensión o radio de la partícula según la cual aumenta exponencialmente la velocidad de sedimentación, siendo así que cuanto menor sea el tamaño de la partícula más difícil será la labor de separación en el separador.

También hay que tener en cuenta que en la fórmula aparece la gravedad, pero esta fuerza no sería suficiente para separar los elementos al nivel que nosotros buscamos, por lo que será preciso añadir una fuerza centrífuga a la fórmula.

Por último, la viscosidad juega un papel muy importante a la hora de la eficiencia de separación. Esta viscosidad afecta a la velocidad de sedimentación de manera inversamente proporcional resultando que a mayor viscosidad menor será la velocidad de sedimentación.

1.3.5.SELECCIÓN

En el buque es necesario un sistema de tratamiento y depuración del agua de sentinas a bordo para alcanzar las calidades exigidas por el Marpol.

Esta obra se verá realizada con el permiso del armador y será efectuada por el astillero que el armador decida.

Para ello trabajamos con dos posibles opciones:

- EcoStream



Figura 6. Separador de sentinas Alfa Laval.

Fuente: Alfa Laval, (2019).

- Gea, Westfalia separator



Figura 7: BilgeMaster

Fuente: Gea.

1.4. NORMAS Y REFERENCIAS

1.4.1. NORMAS

Bureau Veritas, (2019). Normas de clasificación del Bureau Veritas. Parte C. Capítulo 1. Sección 10. Artículo 6: Bilge Systems.

Marpol Anexo 1. Tarifas de recogido de desechos.

Organización marítima Internacional. Solas

1.4.2. BUREAU VERITAS

Según las normas de clasificación, el barco estará equipado con un sistema de bombeo de sentina, capaz de bombear y drenar cualquier compartimento estanco excepto espacios exclusivos para almacenar o transportar agua dulce, agua de lastre, fuel oíl... Los buques también estarán equipados con sistemas de drenaje de gran cantidad de agua en cada compartimento. Además, los espacios de la maquinaria de propulsión y los espacios de la maquinaria auxiliar, donde pueden producirse importantes fugas de aceite, deberán contar con medios de sentina que eviten la contaminación evitando la descarga por la borda .

La instalación de bombeo de sentina incluirá un sistema de sentadilla que sirva a todos los espacios estancos, específico para drenar los efluentes resultantes de fugas limitadas y ocasionales, y consiste en:

- Sistema de drenaje y tratamiento de agua de sentina de aceites dedicado a los espacios de maquinaria, incluidos los espacios de maquinaria auxiliar, tuberías y otros espacios donde puede haber fugas de aceite.

- Sistema separado de agua de sentina dedicada a los demás espacios. Este sistema puede ser proporcionado por una red de distribución principal. Las bombas de expulsión de energía deben servir a cada sección principal de sentina independiente. Se dispondrán de bombas de achique que descargarán localmente.

La instalación constará de una succión en cada espacio del sistema de agua de sentinas ya depuradas, sistema de drenaje y tratamiento de sentina aceitosa con dos succiones en todos los espacios atendidos por el sistema de drenaje incluyendo tratamiento de sentina aceitosa, con un sistema que asegure y permita el flujo libre y fácil de agua, las líneas de sentina estarán separadas y diferenciadas del resto de las líneas.

El buque también contara con aspiraciones de sentina a lo largo del mismo, situados estos en el doble casco obligatorio, con ramales de aspiración a cada costado conectados a los dos pocetes de sentinas, uno a cada lado, y con aspiraciones directas de estas.

El buque cuenta con mamparos estancos en la sala de máquinas para separar los espacios de maquinaria para la propulsión principal con los motores auxiliares y secundarios. Pero cada compartimento contara con una aspiración a sentinas independiente.

Cada bomba de sentinas independiente tiene una aspiración directa de sentinas del espacio en el cual esté situada. Donde dos o más de estas succiones están colocadas hay al menos una aspiración en cada extremo del espacio.

En cada espacio destinado a maquinaria se va a situar una aspiración de sentina de emergencia. Dicha aspiración conectara con la bomba principal de agua de refrigeración, debajo de la sala de máquinas, y cuenta con una válvula anti-retorno que impida el retroceso por esta.

En adición a las aspiraciones de sentinas anteriormente citadas, una aspiración de sentinas de emergencia se coloca en cada espacio de máquinas principal. Esta aspiración conduce a la bomba principal de agua de refrigeración desde un nivel bajo adecuado en el espacio de máquinas.

Según el reglamento aplicado para buques de pasaje tendremos aspiraciones directas de sentina situada en el mismo costado que la aspiración de emergencia si posibilidad de ser obviada.

Las placas de la válvula de emergencia de sentinas tienen marcado “Para uso de emergencia solamente”.

Los pocetes serán achicados desde las tuberías de aspiración principales de sentina.

1.4.3. BIBLIOGRAFÍA

Bilge Well, (2019). Web: <https://www.imagenesmy.com/imagenes/bilge-well-ac.html> [Consultada en marzo 2019].

Indisa, (2019). Web: <http://www.indisa.com/indisaonline/anteriores/Indisa%20On%20line%20118%20%20Filtraci%C3%B3n%20coalescente%20en%20los%20fluidos%20gas eosos.pdf.html> [Consultada en marzo 2019].

Alfa Laval, (2019). Web oficial de Alfa Laval. Disponible en: <https://www.alfalaval.es/productos-y-soluciones/separacion/separadoras-centrifugas/separadoras/purebilge/> [Consultada en marzo 2019].

EcoStream, (2019). Web disponible en: <https://es.scribd.com/document/54840171/TI-EcoStream>. [Consultada en junio 2019].

Helvia, (2019). Web disponible en: <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/13199/2016000001232.pdf?sequence=3&isAllowed=y> [Consultada en junio 2019].

Boe, (2019). Web disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-2540>. [Consultada en julio 2019].

Plan de Recepción y Manipulación de Desechos de Buques y Residuos de Carga, (2019). Web disponible en: http://www.puertodemelilla.es/images/documentos/calidad_medio_ambiente_prl/plan_recepcion_manipulacion_desechos_buques_residuos_carga.pdf. [Consultada en julio 2019].

IMO, (2019). Web disponible en: <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/OilPollution/Paginas/Default.aspx0/3>. [Consultada en junio 2019].

Tecnología química, (2019). Web disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>. [Consultada en junio 2019].

Marine traffic, (2019). Web disponible en: <https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:169217/mmsi:225430000/vessel:JOSE%20MARIA%20ENTRECANALES>. [Consultada en junio 2019].

Mitsubishi, (2019). Web disponible en: <http://www.kakoki.co.jp/english/products/m-015/index.html>. [Consultada en junio 2019].

1.5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Sentina: Es el espacio en una embarcación que tiene por objeto recolectar todos los líquidos aceitosos. Se ubica en la parte más baja por encima del doble fondo.

Lodo: Fluido resultante de la mezcla de agua (tanto dulce como salada) con aceites hidráulicos, aceites lubricantes, partículas orgánicas, combustibles, productos químicos etc.

ISO: (International Organization for Standardization) Es una organización compuesta por otras organizaciones de estandarización nacional cuyo fin es crear estándares internacionales normalizados.

UNE: Es el reglamento tecnológico creado por los Comités Técnicos de Normalización (CTN)

Separador de sentinas: Maquinaria diseñada para la división del agua de sentinas en desechos a almacenar y tratar y agua desechable.

1.6. REQUISITOS DE DISEÑO

1.6.1. DATOS PRINCIPALES DEL BUQUE JOSÉ MARÍA ENTRECANALES.

Dimensiones Principales	
Eslora total	209,00 m
Eslora entre perpendiculares	190,00 m
Manga de trazado	26,50 m
Calado de trazado de diseño	7,00 m
Calado de escantillonado	7,10 m
Puntal a cubierta principal	9,60 m
Altura cubierta superior	4,70 m
Altura cubierta principal en centro	6,85 m
Altura bodega baja	4,70 m
Altura cubierta de coches	2,00 m
Altura acomodación	2,10 m
Turismos en cubierta fija	100
Ancho de caminos de rodadura	3 m para trailers
Mercancías peligrosas	a popa de la cubierta intemperie (Nº 7)
Velocidad en servicio	26 nudos
Capacidad de carga	210 plataformas de 31 t y 50 contenedores de doble altura

Tabla 1. Datos del buque José María Entrecanales.

Fuente: Marine Traffic

El buque posee cuatro cubiertas destinadas a la carga: una bodega baja (sobre la tapa del doble fondo), una en la cubierta principal, una en la cubierta superior (semiabierta) y otra cubierta que se encuentra a la intemperie.

El espaciado entre cuadernas es de 800 mm y el espaciado de bulárcamas es de 2.400 mm. El acero utilizado para su construcción es acero dulce y acero de alta resistencia.

El sistema de protección es por corriente catódica la cual se encuentra impresa en la obra viva.

Además, en la parte de proa del entrepuente en la cubierta principal se ha dispuesto de una cubierta fija para coches.

La acomodación se sitúa a proa y se encuentra dividida entre tres cubiertas y en el puente de gobierno.

La maquinaria se sitúa principalmente en la parte de popa, debajo de la cubierta principal. El espacio para las hélices transversales y maquinaria auxiliar estará ubicado en proa.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: ANEXOS	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 29/84

La velocidad en condiciones normales de servicio es de 25,5 nudos con una autonomía de 3.000 millas náuticas.

Puede almacenar en sus tanques 1.075 m³ de fuel oíl, 100 m³ de diésel oíl, 70 m³ de aceite lubricante, 70 m³ de agua dulce y 30 m³ de agua destilada.

Para la estabilidad necesaria se le equipo de tanques con capacidad para 3.400 m³ de agua de lastre, mientras que los tanques anti-escora pueden albergar 800 m³ y el tanque estabilizador 135 m³ de agua.

El peso muerto al calado de diseño es de 9.325 toneladas. Para su propulsión, el buque posee cuatro motores propulsores diésel capaces de proporcionar una potencia máxima continua de 41.580 kW.

Los cuatro motores diésel son capaces de generar cada uno 10.395 kW, a 500 rpm. Cada motor se encuentra acoplado a una línea de ejes mediante una reductora y un acoplamiento flexible.

Estos motores son capaces de quemar combustible pesado de hasta IFO 700 Cst. Cada reductor poseerá una toma de fuerza para generadores de cola con acoplamiento elástico. Finalmente, poseerá dos hélices de paso controlable reversible



Figura 8. buque Ro-Ro José María Entrecanales.

Fuente: MarineTraffic

La planta generadora funciona a 400 V y 50Hz. Se encuentra compuesta por:

- 3 alternadores de 2.044 kVA cada uno, accionados por un motor diésel de 1.720 kW a 1.000 rpm.
- 2 alternadores de cola de 2.250 kVA a 1.500 rpm cada uno.
- 1 alternador de puerto, de 537 kVA, accionado por un motor diésel de 450 kW a 1.000 rpm.
- 1 alternador de emergencia de 537 kVA, accionado por un motor diésel de 450 kW a 1.500 rpm.

La distribución eléctrica principal y de emergencia se realiza a 400/230 V y a 50 Hz. Para realizar su distribución, se encuentran instalados un cuadro principal, un cuadro de emergencia y unos cuadros de distribución situados por todo el buque.

La instalación también posee una serie de transformadores para los servicios principales y de emergencia de 230 V. La toma de corriente de tierra es de 500 A x 400 V a 50 Hz.

1.6.2. SERVICIO DE SENTINAS

Como hemos visto en los apartados anteriores los espacios de sentinas deben cumplir con unas normas generales y el buque debe estar equipado con unos sistemas que abarcan desde el sistema de drenaje, el sistema de bombeo, los sistemas auxiliares, los sistemas de emergencia, la red de tuberías y de tratamiento de aguas.

Para desarrollar la labor a desempeñar, el sistema de sentinas contara con un total de 5 bombas, siendo el mínimo de bombas necesarias 2 para una conexión con el manifold, otras 2 bombas destinadas al sistema de tratamiento de sentina principal y una por cada sección independiente como se mencionó anteriormente.

En adición cada sección y área de seguridad deberá contar con al menos un medio de bombeo portátil e independiente permitiendo drenar cada espacio aparte del espacio de máquinas principal y los auxiliares.

Todas las bombas instaladas tanto en los servicios de sentinas principales como auxiliares y sean del tratamiento de aguas aceitosas o de aguas limpias serán autocebantes o si no, con un medio cebante aprobado por la sociedad clasificadora, asegurando siempre el cebado de las bombas, así como su normal funcionamiento con este sistema.

1.7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

1.7.1.ECOSTREAM

El separador EcoStream de Alfa Laval nos aporta un sistema de separación centrífugo de una sola etapa, capaz de trabajar de manera continua y con una alta eficiencia para unos caudales de agua elevados. Ofrece un sistema fiable y muy flexible gracias a sus dimensiones y sus elementos opcionales.

EcoStream es un sistema fácil de instalar tanto para nuevas instalaciones como para reemplazos o modificaciones en otras instalaciones. Su operatividad automática y continua, incluso con condiciones medioambientales adversas evita el uso de grandes tanques de almacenamiento de aguas de sentina, aumentando el espacio para carga beneficiosa y reduce los posteriores tratamientos que se debieran hacer en tierra en caso de no tener medios de tratamiento de agua de sentinas.

El sistema EcoStream es de funcionamiento continuo en una sola etapa lo que beneficia al buque reduciendo su tamaño y el de los tanques de residuo, al ser un sistema compacto la instalación se realiza de manera muy rápida y obstaculiza lo mínimo ampliando enormemente su posible ubicación a bordo.

También cuenta con gran compatibilidad con otros sistemas del buque y fácil sistema de utilización y comunicación operario-maquina. Con varios modos de control automatizados y constantemente monitorizados evita la presencia permanente del operario.

Los propios costes de instalación, operatividad, mantenimiento y los mínimos requisitos en las condiciones del agua de sentinas para el funcionamiento del sistema hacen que este sistema sea muy beneficioso a la hora de operar en un buque.

Su sistema permite una operatividad continua y con inmediata disponibilidad ya que cuenta con elementos propios que le permiten trabajar en las condiciones más adversas.

Su sistema de comunicación usuario-maquina incluye un sistema de autenticación para que solo el personal autorizado efectúe las descargas al mar, así como un sistema de bloqueo para impedir el uso al personal no cualificado.

1.7.2. ELEMENTOS DEL ECOSTREAM

En el propio manual de instrucciones de la maquinaria se muestra el conjunto de elementos básicos y opcionales con los que cuenta el sistema EcoStream:

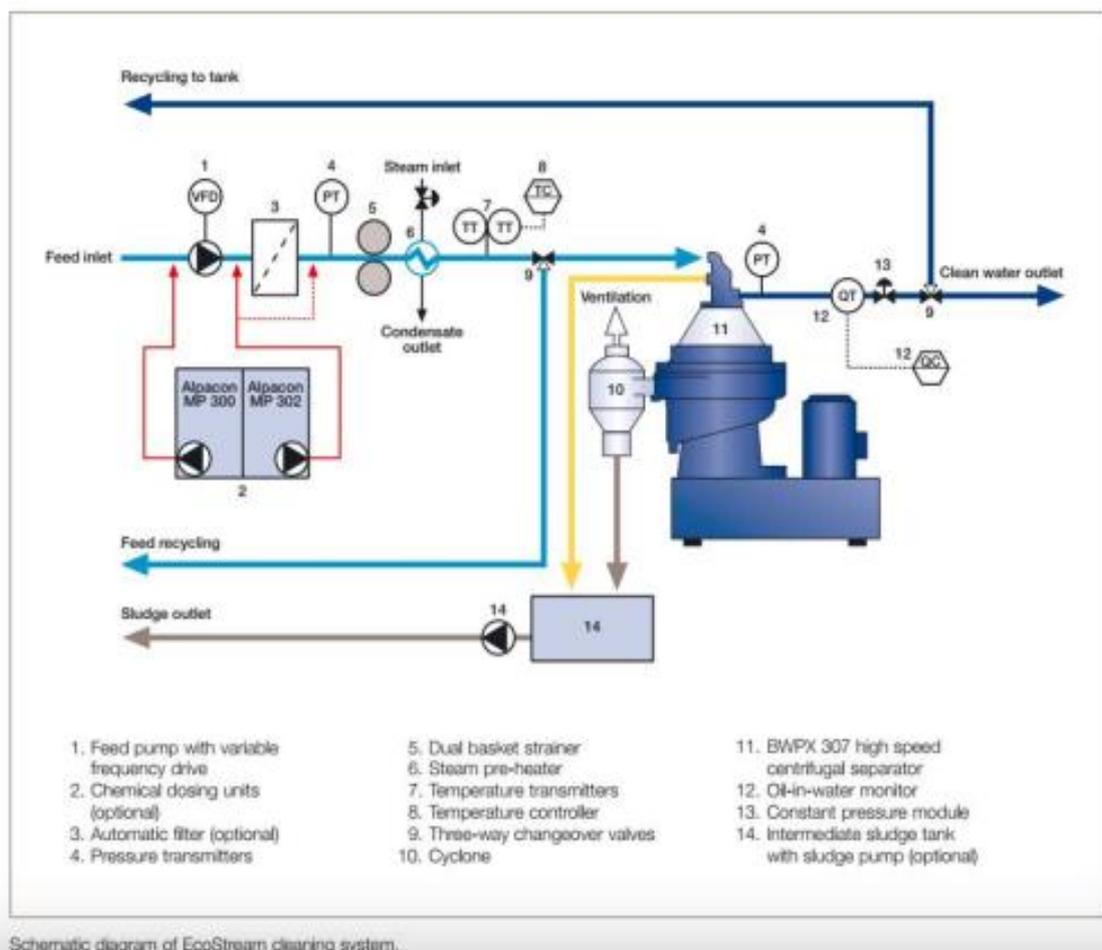


Figura 9. Esquema y componentes del sistema EcoStream

Fuente: AlfaLaval

1. La unidad de bombeo consta de una bomba de velocidad adaptable con posibilidad de variar el caudal hasta un máximo de unos 5000 litros la hora y un mínimo de unos 1000 litros siendo este último caudal evitable para evitar problemas como corrosiones y cavitaciones. Incluye válvula de alivio, medidores de presión y válvula anti-retorno para la descarga. También cuenta con un sistema de cebado automático para evitar problemas de descebado el cual en caso de problemas se podrá activar manualmente.

2. Un medidor de porcentaje de aceite el cual monitoriza los ppm de aceite presente en el agua de sentina, es capaz de detectar hasta 30ppm a temperaturas en torno a los 60°C. Este sistema estará ubicado cerca del separador para aumentar la precisión y fiabilidad de los datos. En caso de que el aceite supere la temperatura prevista será enviado a un intercambiador de calor para evitar un mal funcionamiento del medidor.

3. Aparte del medidor de aceite, se incluye numerosos medidores a lo largo de la instalación para asegurar el correcto funcionamiento y operar con el mejor rendimiento posible. Las lecturas tomadas son de nivel, presión, temperatura, caudal y calidad del agua tratada.

4. En la instalación es necesario incluir un filtro de mayor tamaño. Este filtro se encarga de retener residuos de tamaño lo suficientemente grande como para perturbar o incluso impedir el correcto funcionamiento de la instalación. El filtro está equipado con un sistema de aviso para cuando sea necesario su mantenimiento o sustitución. Funciona gracias a dos mallas, una de 1,5 mm de espesor y una segunda de seguridad.

5. En la zona previa a la separación del agua de sentinas se ubicará unas válvulas para muestreo que permitirán el estudio de agua de sentinas, a su vez también estarán ubicadas después del separador para comprobar la calidad del agua en caso de que un monitor falle.

6. Además de las válvulas para el muestreo del agua de sentinas también estará equipado con unas válvulas de cambio de dirección o recirculación situados después del separador que redirigen el agua de sentinas al tanque de sentinas en caso de no cumplir la calidad del agua exigida (15 ppm como calidad mínima) o en caso de cumplir la calidad pertinente será enviada a un tanque de almacenamiento para su posterior vertido al mar fuera del buque. Está establecido que las válvulas pasaran a modo recirculación hacia el tanque de sentinas en caso de emergencia, o ante cualquier fallo en el sistema como cese de energía, baja presión en el circuito, o mala calidad del agua a verter evitando descargas al mar que pudieren ser perjudiciales.

7. Y la última válvula que cabe mencionar es la válvula de presión la cual previene la cavitación en las etapas de separación. Es una válvula encargada de regular y mantener la presión, siendo de rápida actuación evitando fallos en el sistema y la descomposición de los elementos los cuales se ven afectados por la formación de burbujas y cavitación en el sistema. Esta válvula incluye un sistema de seguridad que previene la intrusión de agua sin tratar en la parte del sistema de agua ya tratada evitando la contaminación de esta.

8. El sistema viene equipado con un intercambiador de calor de una aleación con gran resistencia a la corrosión y erosión. Utiliza vapor como fluido para el intercambio de calor, el cual puede ser obtenido fácilmente de un recuperador de calor de un motor o de un generador de vapor propio. Incluye una interfaz propia para establecer una temperatura óptima en la que el separador trabaje en las mejores condiciones.

9. BWPX 307 es la unidad de separación capaz de realizar una separación continua ofreciendo grandes resultados en la calidad del agua tratada. Tiene una capacidad de unos 1500-5000 litros a la hora incluso en las situaciones más desfavorables la eficiencia y rendimiento no se ven gravemente alteradas.

10. Un monitor central para regular el comportamiento de EcoStream donde se puede controlar desde la fuente de alimentación, la unidad de bombeo, las unidades opcionales y el resto de los paneles para el control de válvulas, estado de filtros...



Figura 10: Control de EcoStream

Fuente: Technical information for bilge water treatment.

1.7.3.ELEMENTOS OPCIONALES ECOSTREAM

1. EcoStream ofrece un equipamiento extra prescindible para ayudar o añadir algunas funciones al sistema de tratado de aguas, como un dosificador de químicos el cual refuerza y ayuda al tratado de aguas mejorando la eficiencia y calidad del agua tratada. Cuando el agua de sentinas arrastra grandes cantidades de solidos suspendidos y desechos indeseados es recomendable usar este dosificador.

El agua de sentinas debe tratarse con este dosificador químico cuando la temperatura del agua y el bajo caudal de este sean insuficientes para conseguir la calidad del agua deseada. Los químicos recomendados son siempre seguros para el medioambiente, destacando “Alpacon chemicals, MP 300/302”.

2. En caso de arrastrar grandes cantidades de sólidos en suspensión AlfaLaval recomienda el uso de filtros automáticos de acción autónoma a la hora de realizar su mantenimiento. Esto se debe a que cuando el agua de sentinas arrastra una gran cantidad de solidos las mallas del filtro quedan obturadas produciendo disminución del caudal, fallos en el sistema, obstruir pasos de agua, etc.

3. SRK. En caso de no poder equipar EcoStream en la instalación AlfaLaval también ofrece un kit para tratado de aguas de sentinas manual. Este kit viene integrado con una bomba manual, reguladores de nivel y un switch de nivel.
4. CIP. Es una unidad de limpieza opcional para los discos del separador, esta unidad nos permite limpiar estos discos sin necesidad de desmontar el separador lo cual reduce horas de mantenimiento y un ahorro considerable. También reduce la posibilidad de desperfectos y daños en las zonas de los discos.
5. EcoStram nos ofrece la posibilidad de unificar todos los niveles, controles e interruptores usando unas conexiones de bus para operar de manera remota el sistema de AlfaLaval. Permite también la compatibilidad con varias interfaces y operadores para su fácil manejo.



Figura 11: Monitor de EcoStream

Fuente: Technical information for bilge water treatment.

1.7.4.FUNCIONAMIENTO

EcoStream sigue un proceso de 4 etapas durante el proceso de tratamiento de aguas de sentina:

- Etapa de impulsión de agua
- Procesos de tratamiento previos a la separación
- Etapa de separación por fuerzas centrifugas
- Una última etapa de control y estado del agua tratada

Etapa de impulsión

Desde el tanque de sentinas el agua debe ser impulsada hacia los elementos de las etapas previas a la separación centrifuga. Para ello el elemento principal es la bomba mencionada antes, la cual impulsa de 1500 a 5000 litros por hora y el líquido se mantendrá siempre en un valor de pH superior a 5. Una unidad dosificadora de químicos puede ser conectada tras la etapa de bombeo.

Tratamiento previo

El tratamiento previo a la etapa de separación consiste en los filtros para atrapar las partículas en suspensión de mayor tamaño, el intercambiador de calor para situar al líquido en la temperatura óptima para la separación (60°C-90°C), el sistema de dirección del fluido para controlar el fluido y su paso por el sistema, controles de temperatura y presión.

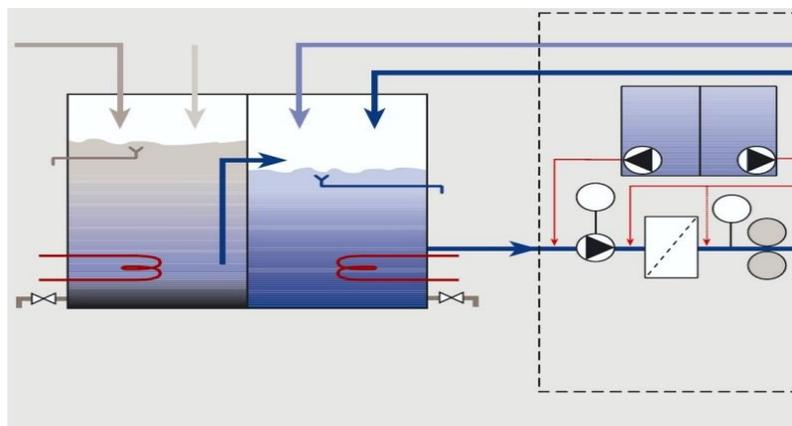


Figura 12: Alfa Laval Marine & Diesel Equipment

Fuente: Alfa Laval.

Etapa de separación

El separador centrífugo BWPX 307 de altas capacidad de separación trabaja de manera constante, descargando continuamente aceite y desechos producidos durante la separación, la descarga ocurre en intervalos programados, los cuales son generalmente cada 20 minutos. Estos elementos indeseados son almacenados en un tanque los cuales después pueden ser fácilmente incinerados.

Otra bomba descarga el agua ya tratada en dirección de los sistemas de control de calidad del agua hacia la salida al mar.

Etapa de control

En la etapa de control se decide el destino del agua una vez pasada por el separador, según el contenido de aceite que presente esta será circulada hacia el mar o re direccionada al separador otra vez.

El límite establecido en la calidad del agua es de 15 ppm, en caso de que el agua una vez tratada contenga una cantidad mayor a la dispuesta, el agua será recirculada al tanque de sentinas para ser tratada otra vez hasta conseguir la calidad del agua estipulada.

En caso contrario, si el agua de sentinas contiene una cantidad inferior de 15ppm después del tratamiento centrífugo será direccionada hacia el sistema de descarga de agua al mar.

1.7.5.GEA BILGE SEPARATOR

Un separador centrífugo de la marca Gea altamente recomendado para aguas oleosas de alta densidad de aceites y para buques consumidores de fuel-oils muy pesados.

El sistema viene con los mismos elementos que el sistema EcoStream y cuenta con un gran sistema de control y supervisión de expulsión de residuos, así como un modo de trabajo continuo con gran eficiencia y rentabilidad.

1.7.6.COMONENTES PRINCIPALES

1. Separador centrífugo
2. Bomba de alimentación
3. Pre-calentador
4. Panel de control y sistema de operación
5. Monitor de aceite con alarma de sentinas para concentraciones superiores a 15 ppm/5 ppm
6. Bancada con un pequeño tanque de lodos
7. Planta anti-emulsificación
8. Filtro de absorción y filtro para grandes residuos

1.7.7.FUNCIONAMIENTO

Gea ofrece una gran variedad de separadores según las características necesitadas y según el tipo de buque que lo necesite. Por ello Gea cuenta con hasta nueve posibles separadores diferenciados por sus tamaños, capacidad de separación, calidad del agua obtenida, componentes principales incorporados, elementos auxiliares disponibles, sistema de retención de desechos...

En nuestro caso el GEA Westfalia Separator BilgeMaster cleandesign es un separador que ofrece y nos facilita los servicios que se deben cumplir. Ya que el buque José María Entrecanales tiene unos recorridos bastante asequibles para la capacidad de este separador y cumple con las exigencias de 15ppm que se pueden verter, incluso puede reducir esta cantidad a 5ppm con el uso de elementos auxiliares, es un separador óptimo para nuestro buque.

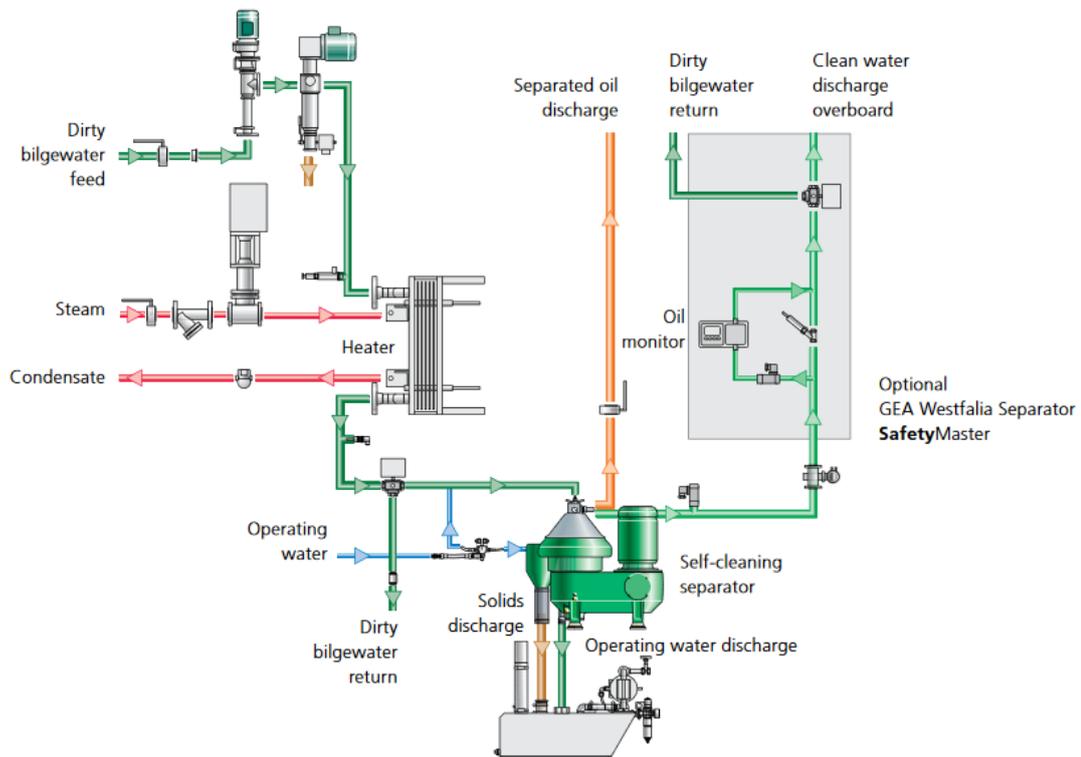


Figura 13: Ciclo de funcionamiento Gea Separator

Fuente: Gea

El funcionamiento es muy parecido al de EcoStream salvo que este incluye un sistema de limpieza automática. Gea nos proporciona unos manuales para realizar los mantenimientos tanto preventivos como correctivos facilitando enormemente esta tarea y alargando la vida útil del equipo.

1.8. RESULTADOS FINALES

Ambos sistemas, EcoStram y Gea Separator, necesitan de un gran tanque de lodos en caso de no poder incinerar los desechos formados en las travesías debido a que el buque realiza trayectos rápidos y tiene poca capacidad de deshacerse de estos productos indeseados del tratamiento de aguas de sentinas. Por eso a su vez se recomienda el uso de un incinerador para evitar incorporar grandes tanques de sentinas en el buque.

Comparando EcoStream con otros métodos y medios de tratamiento de sentinas se reduce notablemente los costes que estos producen, gracias al sistema compacto, con gran capacidad volumétrica, su eficacia y rápido tratamiento. Gracias a su fácil instalación, mantenimiento y operatividad nos asegura una rentabilidad a corto plazo y un sistema seguro de tratamiento de aguas de sentina.

1.9. PLANIFICACIÓN

La obra se realizará según el criterio del armador aprovechando la estancia del buque en astillero durante los próximos periodos de mantenimiento o antes de realizar las obligatorias inspecciones, con la seguridad de que el buque cumple y supera las especificaciones necesarias de las sociedades de clasificación.

Primero, se debe crear una planificación de mantenimiento y modificaciones en el cual se debe incluir la reforma a realizar.

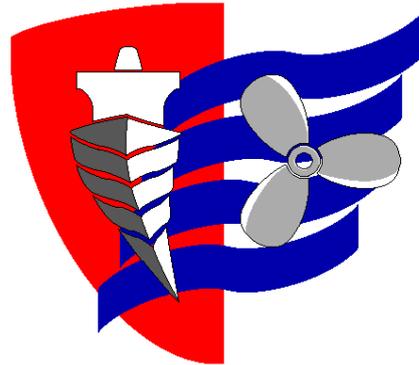
Segundo, se debe entregar los documentos al departamento técnico los cuales deberán aprobar la obra.

Tercero, se elabora un presupuesto detallado de la obra y se entrega al departamento técnico.

Cuarto, se establecerá un orden en las labores a elaborar respetando las primeras semanas para realizar la modificación.

Por último, el buque debe esperar a la fecha de inicio de obra para empezar las obras en el astillero.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANEXOS

2. ANEXOS

2.1. CÁLCULOS

2.1.1. CÁLCULO DE TUBERÍAS

El cálculo de las tuberías se establece por una formula dada por Bureau veritas en sus nomas de clasificación (Rules for the Classification of Naval Ships, NR 483 - June 2017-seccion 10, capítulo 6).

La fórmula dada viene dada según los valores de la manga, el calado y la longitud entre perpendiculares.

$$d = 25 + 1.68 \times L \times (B + D)$$

Donde “d” es el valor del diámetro interno de las bombas de impulsión de sentinas dado en *mm* (milímetros).

“L” es el valor de la longitud del buque entre perpendiculares en *m* (metros).

“B” es el valor de la manga mayor de trazado del buque en *m* (metros).

Y “D” es el valor del calado al control de cubierta de los mamparos en *m* (metros).

2.1.2. CÁLCULO DE BOMBAS

Aplicando las normas de clasificación del Bureau veritas las bombas estarán conectadas a la red de sentinas principal y ofrecer una velocidad de carga mínima de $122 \text{ m}^3/\text{min}$, siendo preferible que supere este valor por razones de seguridad.

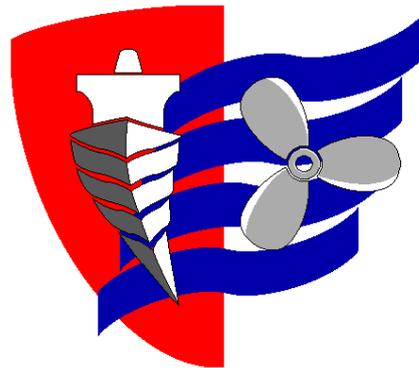
Bureau veritas pone a disposición una ecuación para el cálculo de la capacidad de las bombas.

$$Q = 0.00565 \times d^2$$

Donde “d” es el valor del diámetro interno de las bombas de impulsión de sentinas dado en *mm* (milímetros).

Y la capacidad “Q” es el valor del caudal mínimo a obtener de las bombas de impulsión de sentinas dado en m^3/h .

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



PLIEGO DE CONDICIONES

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 56/XX

3. PLIEGO DE CONDICIONES

3.1. CONDICIONES DE LA OBRA

En el pliego de condiciones discutiremos el alcance de la obra y su ejecución en acuerdo con el Astillero. En el también constara el contrato establecido con el Astillero, así como la obligatoriedad de seguir la normativa impuesta, asegurar la finalización de la obra y los respectivos seguros y obligaciones de las cuales se debe hacer cargo.

La obra por realizar en nuestro caso será una sustitución del sistema actual de tratado de aguas de sentina por un sistema nuevo de tipo centrífugo con la posibilidad de añadir complementos auxiliares a elección del armador en un buque de pasaje de cortas distancias para su uso en los posteriores años de servicio.

El Decreto 3854/1970, de 31 de diciembre, por el que se aprueba el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado será la normativa vigente en la que se apoyará el proyecto, sacada del BOE, BOE-A-1971-218, y acorde con la actual normativa internacional europea (UNE).

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 57/XX

3.1.1.DISTRIBUCIÓN Y ORGANIZACIÓN

Tal y como se especifica en la normativa BOE-A-1971-218 será el Astillero el encargado de la obtención y recepción de los materiales y elementos necesarios para la implementación del nuevo sistema de sentinas de abordó y se asumirá el cargo de las medidas de seguridad contra accidentes.

El prestador de servicios dispone de los conocimientos y medios necesarios para realizar el trabajo. El Astillero estará cualificado para realizar la subcontratación o el alquiler de elementos tanto auxiliares como necesarios siempre que se informe al Director de Obra y cuyo coste no repercutirá en el cliente.

El Astillero estará obligado a informar al Director de Obra de la planificación, procedencia de las materias a usar y al seguimiento de las indicaciones de este a lo largo de la obra.

3.1.2.MATERIALES

La procedencia y calidad de los materiales a usar deberá estar asegurada por el Astillero y cumplir con los requisitos del proyecto. Al ser una obra para una embarcación la cual estará en contacto con el medio marino la calidad exigida será alta, ya que el medio marino es uno de los más hostiles.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 58/XX

La procedencia, características y especificaciones de los materiales figuraran en el documento del proyecto de manera obligatoria y en caso de existir la falta de ellos u error en dichos documentos el Astillero deberá informar al Director de Obra, quien decidirá sobre ello. El Astillero también se hará cargo del almacenaje y conservación de los materiales.

3.1.3.CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad comprenderá los siguientes aspectos:

- Control de materias primas.
- Control de equipos o materiales suministrados a obra.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

En caso de detectar material que no cumpla o supere la calidad exigida se podrá exigir su destrucción y sustitución. Los costes surgidos de esta operación serán atribuidos al contratista el cual no contara con el derecho a reclamación en este concepto.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 59/XX

3.1.4.MUESTRAS

Se deben presentar muestras de los materiales presentes en la obra con antelación. El director del proyecto deberá aprobar o denegar la utilización de dichos materiales en un plazo no superior a tres días, en caso de denegar el uso de los materiales se deberán cambiar los elementos que no superen la selección. Los retrasos generados por sustitución por la denegación de los materiales será imputado al contratista.

3.1.5.ORGANIZACIÓN

El Astillero actuará de patrono legal, siendo el responsable de cumplir con el pago de salarios y cargas que legalmente están establecidas y en general, a todo cuanto legisle en decretos u órdenes sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 60/XX

3.1.6.MANDOS Y RESPONSABILIDADES

- Jefe de obra:

El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Jefe de Obra, controlará y organizará los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido frente a la propiedad.

- Vigilancias:

El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su recepción provisional.

- Limpieza:

El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra libre de acumulación de materiales de desecho, desperdicios o escombros debiendo retirarlos a medida que estos se produzcan.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 61/XX

El contratista estará obligado a eliminar adecuadamente y por su cuenta en un vertedero autorizado los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar

Al abandonar el trabajo cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo ordenadas.

Al finalizar la obra, esta se entregará completamente limpia, libre de herramientas andamiajes y materiales sobrantes.

Será por cuenta del contratista el suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos provisionales que sean necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos objeto de su oferta.

- Subcontratación:

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas, en todo caso el contratista responderá ante la Dirección Facultativa de Obra y la Propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia.

La propiedad puede rechazar la contratación, debiendo ofrecer diferentes alternativas para la sustitución de la subcontratación rechazada.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 62/XX

Durante la obra, la Propiedad podrá declinar la aceptación de subcontratación de cualquier subcontrata que no realiza la tarea de la manera exigida, sobre todo si supone una disminución de calidad o si se traduce en pérdidas de tiempo, notificándose por escrito, en cualquier caso. La sustitución se realizara sin que suponga ningún cambio en los plazos de la obra y no se originara derecho a compensación alguna.

3.1.7. INTERPRETACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

El Técnico Director de Obra será el encargado de interpretar y seguir el desarrollo del proyecto. El Astillero podrá solventar cualquier duda, discrepancia o exigir cualquier aclaración con el Técnico Director de Obra, otorgándole suficiente antelación para resolver dicha dificultad lo antes posible.

En caso de ocurrir un error ocasionado por el no cumplimiento de esta obligación será el Astillero el único responsable y tendrá la obligación de contraer los gastos que el error y su solución conllevan.

El Astillero deberá realizar todo lo que este su alcance para la correcta operación y ejecución de la obra, inclusive acciones no reflejadas en el pliego de condiciones o en los documentos oficiales del proyecto.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 63/XX

Las fechas para las inspecciones a realizar a cada una de las partes de la obra quedaran notificadas con la suficiente antelación por el Astillero al Director de Obra

3.1.8.CAMBIOS EN EL PROYECTO

El Astillero será el encargado de realizar las modificaciones del proyecto solo y cuando el valor de dichas modificaciones no exceda o reduzca el valor del proyecto en un 25 % del valor de contrato. La valoración de los mismos se hará de acuerdo con los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Astillero y que ha sido tomado como base del contrato.

El Director de Obra estará autorizado para añadir las variaciones de proyecto que considere pertinentes, a cualquier unidad de obra, en la etapa de construcción, cuando cumpla con las condiciones técnicas de proyecto y no influya en el valor total de la obra.

3.1.9.OBRAS COMPLEMENTARIAS

El Astillero estará obligado a ejecutar las obras complementarias de carácter indispensable para cualquiera de las obras en cualquier documento del proyecto, estén o no indicadas en el proyecto.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 64/XX

3.1.10. OBRA DEFECTUOSA

En el caso de que en el Astillero se realice una unidad de obra no acorde con lo concretado en el Proyecto o en el Pliego de Condiciones, el Director de Obra tendrá la opción de incluirlo en el Proyecto, estableciendo un precio justo y obligando al Astillero a tomar esa valoración sin posibilidad de discusión, o podrá exigir una o varias reconstrucciones, hasta obtener el resultado deseado, de la unidad modificada sin opción a reclamación económica o a una extensión del tiempo de ejecución.

3.1.11. RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

Al acabar la modificación prevista se ejecutará una inspección particular donde el Director de Obra y el Astillero realizaran un reconocimiento minucioso de las unidades realizadas. En caso de ser admitido y validado el trabajo del Astillero se podrá levantar el acta y empezará el periodo de garantía.

En el caso de que las modificaciones no sean aceptadas quedará constancia en el acta de ello y el Astillero deberá recibir instrucciones sobre el proceso de reparación de los elementos no aceptados. Esto será llevado a cabo en un plazo preestablecido, sin ningún costo para la propiedad. Una vez finalizado este periodo se realizará otra inspección por el Director de Obra y el Astillero.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 65/XX

La garantía será establecida con un tiempo mínimo de un año, la cual empezará desde la fecha de la recepción provisional si en el contrato no queda establecida otra fecha en particular. El Astillero será responsable de arreglos y reparaciones en las obras debidas a una mala construcción, instalación o ejecución realizadas durante el Proyecto.

Estas reparaciones serán realizadas hasta el fin de garantía, después de la fecha de finalización de garantía el Astillero no estará obligado a realizar las reparaciones, pero subsistirán las responsabilidades de los defectos o deficiencias ocasionadas a causa de imperfectos realizados durante la obra o garantía.

3.1.12. MEDIOS AUXILIARES

El Astillero se encargará de la maquinaria auxiliar que sea necesaria durante la obra, cumpliendo en cualquier caso con los reglamentos de seguridad e higiene vigentes y con los medios de protección pertinentes para los operarios.

Si el Astillero llegara a incumplir el contrato dichos medios podrán ser utilizados sin coste alguno hasta el fin de obra. Estos medios y maquinarias serán propiedad del Astillero cuando la obra esté finalizada pero no podrá exigir reclamación alguna en caso de hallar desperfectos.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 66/XX

3.1.13. CONTRATACIÓN DEL ASTILLERO

El conjunto de las instalaciones que realizará el Astillero que se decida una vez estudiado el proyecto y comprobada su viabilidad.

3.1.14. CONTRATO

El contrato se formalizará mediante contrato privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Estará compuesto por la adquisición de los materiales, subcontratación y medios auxiliares, mano de obra, transporte, la obligación de reconstrucción de unidades en desperfecto, el cumplimiento del proyecto en el plazo estipulado, realización de obras complementarias y modificaciones pertinentes siempre cumpliendo los términos expuestos anteriormente en el pliego de condiciones.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Astillero como el propietario deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 67/XX

3.1.15. RESPONSABILIDAD DEL ASTILLERO

El Astillero seleccionado estará a cargo de la ejecución de la obra como queda estipulado en el contrato y pliego de condiciones, por ello estará en obligación de desinstalar las partes mal ejecutadas y a reparar los desperfectos, sin que sirva de justificación que el Director de Obra ya haya examinado e inspeccionado la obra.

El Astillero es el único responsable de todas las contravenciones que se cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas. También es responsable de los accidentes o daños que, por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados, se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

El Astillero es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y, en consecuencia, de los accidentes que puedan ocurrir y de los derechos y responsabilidades que puedan derivarse de ellos.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 68/XX

3.1.16. RECISIÓN DEL CONTRATO

Es obligatorio establecer en el contrato un apartado en el que se estipule las causas para la recisión del contrato. Las principales serán:

1. Quiebra del Astillero
2. Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25% del mismo.
3. Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.
4. Suspensión de las obras ya iniciadas.
5. Incumplimiento de las condiciones del contrato en términos de mala fe.
6. Incumplimiento de plazos parciales.
7. Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar esta.
8. Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
9. Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

Como norma general el incumplimiento total o parcial de lo estipulado en el proyecta será motivo suficiente para la recisión del contrato.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 69/XX

3.2. CONDICIONES ECONÓMICAS

3.2.1.MEDICIONES Y VALORACIONES DE LA OBRA

El Astillero deberá verificar planos y efectuar las mediciones correspondientes para evitar la aparición de anomalías. En caso de hallar anomalías se lo comunicara al Director de Obra y éste se lo comunicara a las partes afectadas e interesadas.

El Astillero y el Director de Obra deberán inspeccionar las anomalías y establecer las medidas pertinentes para su solvencia. Evitando ante todo la aparición de nuevas anomalías, retrasos en la obra o falta de material para la ejecución del proyecto.

3.2.2.ABONO DE LAS OBRAS

El abono, plazos de pago y la forma en la que se efectuará deberá estar detalladamente estipulada en el contrato. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Finalizada la obra se efectuará la liquidación final según lo acordado en el contrato.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 70/XX

3.2.3.PRECIO

El Astillero presentará, al formalizarse el contrato, la relación de los precios de las unidades de obra que integren el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales, así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos perceptibles

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto se fijará su precio entre el Director de Obra y el Astillero, antes de iniciar la obra, y se presentará al propietario para su aceptación o no.

3.2.4.REVISIÓN DE PRECIOS

En el contrato quedara establecido si el Astillero tiene opción a la revisión de precios y fórmula a aplicar para su cálculo. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Director de Obra alguno de los criterios oficiales aceptados.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 71/XX

3.2.5.PRECIOS CONTRADICTORIOS

En caso de que se diese la necesidad de determinar si algún precio es contradictorio, el Director de Obra lo formulará como base los precios utilizados en la formación del proyecto obligando al Astillero a aceptarlos.

3.2.6.PENALIZACIÓN POR RETRASO

Si el Astillero no cumple con lo plazos estipulados en el contrato se podrá establecer unas penalizaciones previamente acordadas y determinadas en el contrato.

Estas penalizaciones podrán, ser cobradas al finalizar la obra o descontarse directamente desde la liquidación final.

3.2.7.LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO

En caso de que el contrato quede anulado por alguna de las causas previamente estipuladas o por la resolución de ambas partes del contrato, se abonarán al Astillero las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 72/XX

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el periodo de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

3.2.8.FIANZA

En el contrato se establecerá la fianza que el Astillero deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

De no estipularse la fianza en el contrato, se entiende que se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Astillero se negase a realizar por su cuenta los trabajos por ultimar la obra en las condiciones contratadas o atender la garantía, la propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Astillero en un plazo no superior a treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 73/XX

3.2.9. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA

Los gastos de conservación de las obras, durante el periodo en que la garantía este vigente, serán responsabilidad del Astillero. Durante el periodo de garantía las obras deben estar en condiciones óptimas para la recepción final de ellas, siendo imposible en caso contrario.

El Astillero no podrá exigir indemnización por dichos gaste, los cuales están incluidos en las diferentes unidades de obra.

3.2.10. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Sera responsabilidad del Astillero el debido cumplimiento de todas las leyes y normativas vigentes relativas a higiene y seguridad en el trabajo. En caso de incumplimiento de estas normas se efectuará una sanción previamente estipulada en el contrato, donde quedará reflejada la magnitud y cuantías de dicha sanción.

3.2.11. DEMORAS

En cuanto el encargo este realizado ambas partes deberán establecer un programa de inicio y finalización de las obras, siendo razonable para ambas partes.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 74/XX

Los medios correrán por cuenta del Astillero, los cuales deben ser aceptados por la propiedad. En caso de demora solo se considerarán retrasos e interrupciones excepcionales aquellos relacionados con fuerzas mayores como catástrofes naturales, huelgas etc.

Las infracciones inexcusables serán reflejadas en el contrato y son:

1. Por retraso en la incorporación del personal y otros medios necesarios para la finalización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de 5% por día de retraso.
2. Por retraso en la finalización de los trabajos o retrasos en los trabajos intermedios que expresamente se indiquen: desde un 1% de la facturación de estos encargos con un tope de un 5% por cada día de retraso.
3. Por incumplimiento en la limpieza y orden de las instalaciones: 300€ la primera vez, aumentando en otros 300€ las sucesivas hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por la propiedad las condiciones de limpieza y orden, cargando el coste al Astillero.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 75/XX

3.3. CONDICIONES FACULTATIVAS

3.3.1. NORMAS A SEGUIR

Las obras a realizar estarán de acuerdo y se guiarán por las siguientes normas además de lo descrito en este pliego de condiciones:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de noviembre.

 - Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.

 - Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo.

 - Normas UNE.

 - Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.

 - Normas de la compañía suministradora de los materiales.
- Lo indicado en este Pliego de Condiciones con preferencia a todos los códigos.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 76/XX

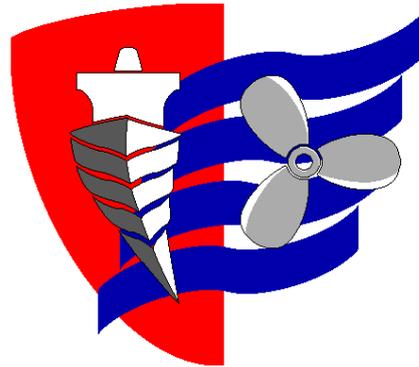
3.3.2.PERSONAL

Sera responsabilidad del Astillero tener un encargado con autoridad sobre el resto de los operarios. Este encargado deberá estar cualificado y tener los conocimientos suficientes para la ejecución de la obra.

El Director de Obra transmitirá las ordenes al encargado el cual cumplirá y a su vez transmitirá al resto del personal.

El Astillero deberá contar en las obras además del personal requerido por el Director de Obra, la cantidad de operarios necesarios para realizar los trabajos, los cuales deberán estar cualificados y experimentados con las labores que les sean dadas.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Sera en este apartado en el cual se desglosarán los costes necesarios para la realización de la obra completa, incluidas las modificaciones y nuevas aportaciones que sean llevadas a cabo durante la obra.

4.1. PRESUPUESTO DESGLOSADO EN PARTIDAS

4.1.1.MATERIALES

Entre el material seleccionado cabe destacar la necesidad de muchos metros de tubería, codos, válvulas de bola y anti-retorno, planchas de aluminio, tornillería, filtros y aislamientos.

Material	Cantidad	Precio/unidad	Coste
Tornillería			±150 €
Tubería DN	30 (metros)	15	450 €
Codo DN 100	15	25	375 €
Válvulas Bola	2	102	204 €
Filtro	1	20	20 €

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 79/XX

Planchas aluminio	5	175	875 €
Total			2074 €

Tabla 1: coste de equipo humano y técnico

Fuente: propia.

Coste total de materiales.....2074 €.

4.1.2.MANO DE OBRA

Personal	Horas	Coste/hora	Coste total
Ingeniería Naval	9	90	810 €
1 Soldador	50	45	2250 €
1 Tubero	50	45	2250 €
1Peón Especialista	50	30	1500 €
Coste total			7560 €

Tabla 2: coste de personal
Fuente: propia.

Coste total de personal.....7560 €.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: MEDICIONES Y PRESUPUESTO	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 80/XX

4.1.3.EQUIPO

El coste del equipo asciende a unos 8500 € a los cuales deberían sumársele los costes de instalación.

4.2. BALANCE FINAL DEL PRESUPUESTO

Secciones a presupuestar:	Importe
Equipo	8500 €
Mano de obra	7560 €
Material	2074 €
Presupuesto de Ejecución del Material:	18124 €

Concepto:	Importe
(10 % PEM) Gastos Generales, licencias y trámites	1812.4 €
(5% PEM) Honorarios del proyecto	906.7 €
(21 % PEM) IVA	3808.14 €
Presupuesto General para conocimiento del Cliente:	24651.24 €

Asciende el Presupuesto General para conocimiento del Cliente a 24651.24 €.

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: RESUMEN	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 81/84

Fdo. Eduardo Polanco Canales

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SERVICIO DE SENTINAS EN UN BUQUE FERRY	REF: RESUMEN	
	FECHA: 05/09/2019	
	REV: 00	PAG: 165/84

Aviso responsabilidad UC

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado, así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”