



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Análisis y mejora del plan de mantenimiento de un buque tanque petrolero de la empresa Transgas Shipping Lines**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

**Jorge Rodrigo Quiñonez Salpietro**

Asesor(es):  
Dr. Ing. Raúl La Madrid Olivares

Piura, agosto de 2023



### Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final


Yo, Jorge Rodrigo Quiñonez Salpietro, egresado del Programa Académico/ programa de posgrado de Ingeniería Mecánico - Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI 72610158

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:  
" Análisis y mejora del plan de mantenimiento de un buque tanque petrolero de la empresa Transgas Shipping Lines"  
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis <sup>1</sup> para optar el (Título profesional/Grado Académico<sup>2</sup>) de Título Profesional.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
  - Raúl La Madrid Olivares \_\_\_\_\_, identificado con DNI N° 43356179
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 05/08/2023



.....  
Firma del autor optante<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

<sup>2</sup> Grado de Bachiller, Título de profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

<sup>3</sup> Idéntica a DNI, no se admite digital salvo certificado.



### **Dedicatoria**

A Chacho y Ana, por su confianza y apoyo constante a lo largo de mi vida.

A Vanessa, por su apoyo incondicional y comprensión.





## Resumen

Esta tesis se enfoca en analizar y mejorar el plan de mantenimiento de un buque tanque con el objetivo de incrementar la eficiencia y confiabilidad de las operaciones de mantenimiento. Los buques tanque son fundamentales para el transporte global de productos líquidos, por lo tanto, es esencial contar con un plan de mantenimiento adecuado para garantizar su seguridad y disponibilidad.

El estudio comienza con una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre mantenimiento de buques tanque para establecer una base sólida de conocimientos teóricos y prácticos. A continuación, se recopila información detallada sobre el buque tanque en estudio, incluyendo su historial de mantenimiento, los procedimientos actuales y los registros de fallos y averías.

Se realiza un análisis exhaustivo de las actividades de mantenimiento existentes para evaluar su eficacia y su impacto en la disponibilidad operativa del buque. Se identifican áreas de mejora potencial y se proponen modificaciones al plan de mantenimiento existente.

Se utiliza un enfoque basado en el análisis de criticidad, que prioriza las actividades de mantenimiento según su impacto en la seguridad, operatividad y costos. Se emplean técnicas como el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y el análisis de Ishikawa para identificar posibles causas de fallo.

Finalmente, se evalúan las mejoras propuestas considerando aspectos como reducción de costos, aumento de disponibilidad operativa y mejora en la seguridad. Se realizan simulaciones y se comparan resultados antes y después de implementar las mejoras.

En resumen, esta tesis presenta un enfoque sistemático y basado en datos para analizar y mejorar el plan de mantenimiento de un buque tanque. Las propuestas buscan aumentar la eficiencia, confiabilidad y seguridad de las operaciones de mantenimiento, generando beneficios económicos y operativos para la empresa Transgas Shipping Lines.



## Tabla de contenido

Introducción .....	15
Capítulo 1 Marco teórico.....	17
1.1 Mantenimiento.....	17
1.2 Buques .....	20
1.2.1 Tipos de buques .....	20
1.3 Descripción general de la empresa .....	22
1.3.1 Descripción del área de mantenimiento.....	23
1.3.2 Historia y ámbito geográfico del buque.....	24
Capítulo 2 Análisis y propuestas de mejora al plan de mantenimiento .....	27
2.1 Análisis del plan de mantenimiento actual .....	27
2.1.1 Descripción del plan de mantenimiento existente .....	27
2.1.2 Análisis del plan de mantenimiento existente.....	27
2.2 Mejora del plan de mantenimiento .....	41
2.2.1 Objetivos de mejora .....	41
2.2.2 Propuesta de mejora.....	42
Conclusiones.....	47
Referencias.....	49
Apéndices .....	51
Apéndice A. Sistema de seguridad y salvamento .....	53
Apéndice B. Gestión de repuestos .....	70
Apéndice C. Presupuesto global destinado a la embarcación .....	72



## Lista de tablas

Tabla 1 Escala de referencia.....	29
Tabla 2 Criterios de evaluación de criticidad .....	29
Tabla 3 Listado de incidencia de fallas .....	31
Tabla 4 Plan de mejoras: Compresor de aire de emergencia .....	37
Tabla 5 Lista de verificación de los principales controles del sistema de gestión de mantenimiento.....	44





## Lista de figuras

Figura 1 Tipos de buques.....	22
Figura 2 Fotografía del buque tanque ADRIAN .....	24
Figura 3 Ficha de datos del buque ADRIAN.....	25
Figura 4 Zona geográfica del traslado del buque ADRIAN .....	26
Figura 5 Pareto de fallas.....	32
Figura 6 AMEF Bomba contra incendio de emergencias .....	33
Figura 7 Organigrama BT Adrian .....	34
Figura 8 Proceso de verificación.....	35
Figura 9 Análisis Ishikawa: Compresor de aire de emergencia.....	37
Figura 10 Diagrama de flujo para fallas en equipo .....	39
Figura 11 Diagrama de flujo para reparación de equipos.....	40





## Introducción

El sector del transporte marítimo desempeña un papel fundamental en el comercio global, y los buques son una parte crucial de esta industria. Estas embarcaciones se encargan del transporte seguro y eficiente de grandes volúmenes de petróleo y sus derivados a través de los océanos del mundo. Para garantizar la operatividad continua y la seguridad de estos buques, es esencial contar con un plan de mantenimiento sólido y eficiente.

El presente trabajo de tesis se centra en el análisis y mejora del plan de mantenimiento de un buque tanque petrolero, con el objetivo de optimizar la gestión de los recursos, aumentar la disponibilidad del buque y minimizar los tiempos de inactividad no programada. El mantenimiento efectivo de los buques es una tarea compleja debido a los desafíos únicos que se presentan en este entorno marítimo.

El trabajo está conformado por dos capítulos. En el primer capítulo se presenta información acerca de los buques, el mantenimiento y su rol fundamental en la industria.

El segundo capítulo está dividido en dos partes. En la primera mitad, se realiza un análisis exhaustivo de los procedimientos de mantenimiento existentes, evaluando su eficacia y detectando posibles deficiencias o áreas de mejora. En la segunda mitad, se propone mejoras específicas para el plan de mantenimiento existente, considerando la viabilidad técnica, económica y operativa de su implementación.

En resumen, esta tesis tiene como objetivo realizar un análisis detallado del plan de mantenimiento de un buque tanque petrolero, con el propósito de identificar puntos de mejora y proponer estrategias que permitan aumentar la disponibilidad y la confiabilidad del buque. Al abordar estos aspectos críticos, este proyecto contribuirá a la eficacia general y la sostenibilidad de las operaciones de los buques, beneficiando tanto a la industria como a la sociedad en general.



## Capítulo 1

### Marco teórico

Los buques son esenciales para el comercio internacional, el acceso a recursos naturales, el turismo, la defensa, la investigación científica, la ayuda humanitaria y muchas otras actividades marítimas. Su capacidad para transportar grandes volúmenes de carga, llegar a lugares remotos y proporcionar servicios especializados hace que sean un componente vital de la economía global y el desarrollo humano.

Al ser activos de vital importancia es necesario que estos puedan tener un correcto mantenimiento para garantizar seguridad en la operación, a los tripulantes y al medio ambiente.

#### 1.1 Mantenimiento

La historia del mantenimiento se remonta a miles de años atrás, a civilizaciones antiguas. Aquí hay una breve descripción de la evolución de las prácticas de mantenimiento a lo largo de la historia:

**Revolución Industrial:** La Revolución Industrial en los siglos 18 y 19 trajo avances significativos en las prácticas de mantenimiento. El auge de las fábricas y la maquinaria requería un mantenimiento regular para garantizar un funcionamiento sin problemas. El mantenimiento comenzó a cambiar hacia medidas planificadas y preventivas, con la aparición de departamentos de mantenimiento en entornos industriales.

**Segunda Guerra Mundial y período de posguerra:** el campo de mantenimiento experimentó un mayor desarrollo durante y después de la Segunda Guerra Mundial. El esfuerzo de guerra requirió prácticas de mantenimiento eficientes para mantener la infraestructura y el equipo militar en funcionamiento. Después de la guerra, las industrias continuaron refinando las estrategias de mantenimiento, enfatizando el mantenimiento preventivo para reducir el tiempo de inactividad y mejorar la confiabilidad. Para (Moubray, 2004), La Segunda Guerra mundial significó un antes y después en la evolución del mantenimiento, es un suceso que divide la primera generación de la segunda generación:

- **Primera generación:** Con fecha fin en la Segunda Guerra Mundial, se centró en el mantenimiento correctivo de los equipos. Estos al ser menos complejos y bien diseñados eran más confiables y sencillos de reparar. Los tiempos de parada no eran de mucha significancia.
- **Segunda generación:** La Segunda Guerra Mundial señaló un hito muy importante en la evolución de las técnicas de mantenimiento. La demanda de provisiones aumentó y la mano de obra disminuyó, lo cual conllevó a que las fábricas adquieran mayor cantidad de equipos para contrarrestar los tiempos extensos de producción. Al necesitar las

máquinas operativas (menor tiempo de inactividad) se contempló que las fallas se podían prevenir, es así como apareció el concepto de mantenimiento preventivo

Sistemas de gestión de mantenimiento computarizados (CMMS): el advenimiento de las computadoras y la tecnología digital a finales del siglo XX revolucionó la gestión de mantenimiento. El software CMMS se introdujo para realizar un seguimiento de las actividades de mantenimiento, programar tareas de mantenimiento preventivo, administrar el inventario y analizar los datos de rendimiento del equipo.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM): En la década de 1970 se da inicio a la tercera generación, surgieron nuevas expectativas, investigaciones y técnicas en el ámbito del mantenimiento. Estas incluyeron una mayor disponibilidad y confiabilidad de las instalaciones, mayor seguridad, calidad del producto, consideraciones ambientales, prolongación de la vida útil de los activos y mejoras en los costos de mantenimiento (Moubray, 2004, pág. 7). Es así como surgió una metodología llamada Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). RCM tiene como objetivo optimizar las estrategias de mantenimiento identificando los modos de falla, evaluando sus consecuencias y determinando las acciones de mantenimiento más efectivas. RCM se enfoca en priorizar las tareas de mantenimiento con base en el análisis de riesgo y costo-beneficio.

Mantenimiento Productivo Total (TPM): El Mantenimiento Productivo Total es un enfoque holístico del mantenimiento que se originó en Japón en la década de 1970. Su objetivo es maximizar la eficacia de los equipos mediante la participación de todos los niveles de una organización en las actividades de mantenimiento. TPM enfatiza la participación de los empleados, la mejora continua y la eliminación de pérdidas de equipos.

Mantenimiento predictivo e Industria 4.0: en los últimos años, los avances en tecnología de sensores, conectividad y análisis de datos allanaron el camino para el mantenimiento predictivo. Al recopilar datos en tiempo real de los equipos, los algoritmos pueden predecir fallas y programar el mantenimiento de manera proactiva, reduciendo el tiempo de inactividad no planificado y optimizando los recursos de mantenimiento. Este enfoque está estrechamente alineado con el concepto de Industria 4.0, que enfatiza la integración de tecnologías digitales en los procesos de fabricación y mantenimiento.

A lo largo de la historia, el mantenimiento ha evolucionado de reparaciones reactivas a estrategias proactivas centradas en la confiabilidad, la eficiencia y la rentabilidad. El campo continúa desarrollándose a medida que surgen nuevas tecnologías y metodologías, con el objetivo de maximizar el rendimiento de los activos y minimizar el tiempo de inactividad.

A continuación, se hablará sobre la historia del mantenimiento en la industria naval, la cual está estrechamente relacionada con el desarrollo de la navegación y la tecnología naval. Aquí hay una descripción general de la historia del mantenimiento en los barcos:

**Navegación antigua:** el mantenimiento de los barcos se remonta a civilizaciones antiguas como los egipcios, los fenicios, los griegos y los romanos. Estas sociedades marineras reconocieron la importancia del mantenimiento regular para mantener sus embarcaciones en condiciones de navegar. Las tareas de mantenimiento incluyeron reparaciones del casco, calafateo, mantenimiento de velas e inspecciones de aparejos.

**Era de la exploración:** durante la Era de la exploración en los siglos XV y XVI, el mantenimiento de los barcos se volvió crucial para los viajes de larga distancia. Barcos como carabelas y galeones se sometieron a un extenso mantenimiento antes de zarpar en arduos viajes. Las tareas de mantenimiento consistían en reparar los daños causados por tormentas o mar gruesa, reemplazar el aparejo dañado y tratar los cascos de madera para evitar la putrefacción y el deterioro.

**Marina Real y Mantenimiento de Barcos:** El surgimiento de potencias navales como la Marina Real Británica en los siglos XVII y XVIII provocó prácticas de mantenimiento formalizadas. La *Royal Navy* estableció astilleros y bases navales donde los barcos podían someterse a mantenimiento, reparaciones y reacondicionamiento regulares. Estas instalaciones empleaban a hábiles artesanos, como carpinteros y calafateadores, que eran responsables del mantenimiento de la flota.

**Revolución Industrial:** La Revolución Industrial tuvo un profundo impacto en el mantenimiento de barcos. Con la llegada de la energía de vapor y la construcción de hierro y acero, las necesidades de mantenimiento cambiaron significativamente. Los barcos requerían inspecciones regulares y mantenimiento de máquinas de vapor, calderas, hélices y otra maquinaria. El desarrollo de diques secos y gradas permitió sacar los barcos del agua para reparaciones más extensas.

**Guerras mundiales y mantenimiento:** las dos guerras mundiales del siglo XX vieron el surgimiento de operaciones de mantenimiento de barcos a gran escala. Las armadas y las flotas mercantes dependían de las instalaciones de mantenimiento y reparación para mantener sus embarcaciones operativas durante la guerra. Los diques secos, los astilleros y los depósitos de reparación se volvieron vitales para restaurar los barcos dañados, reacondicionarlos para nuevas funciones y realizar el mantenimiento de rutina.

**Mantenimiento moderno de barcos:** en la segunda mitad del siglo XX y más allá, el mantenimiento de barcos se ha vuelto cada vez más sofisticado e impulsado por la tecnología. Los avances en materiales, sistemas de propulsión, equipos de navegación y automatización han afectado las prácticas de mantenimiento. Se emplean inspecciones regulares, programas de mantenimiento preventivo y técnicas de monitoreo de condición para garantizar la seguridad, la confiabilidad y el cumplimiento normativo de los barcos.

**Sociedades de clasificación y reglamentos:** Las sociedades de clasificación, como *Lloyd's Register* y *American Bureau of Shipping*, desempeñan un papel crucial en el

mantenimiento de barcos. Estas organizaciones establecen normas y reglas para la construcción y el mantenimiento de barcos, realizan estudios e inspecciones y emiten certificados de clase. Las regulaciones internacionales, como las convenciones SOLAS (Seguridad de la vida en el mar) y MARPOL (Prevención de la contaminación marina) de la Organización Marítima Internacional, también establecen requisitos de mantenimiento para los barcos.

Sistemas de mantenimiento integrado: En los últimos años, ha habido un cambio hacia los sistemas de mantenimiento integrado en la industria marítima. Los enfoques de sistemas de gestión de mantenimiento computarizados (CMMS) y mantenimiento basado en condiciones (CBM) se utilizan para monitorear el rendimiento del equipo, predecir fallas y optimizar las actividades de mantenimiento. Estos sistemas ayudan a mejorar la eficiencia, reducir el tiempo de inactividad y reducir los costos de mantenimiento.

## 1.2 Buques

Entre el siglo XIX y la Segunda Guerra Mundial se vio un incremento considerable en los buques transatlánticos, esto como resultado del transporte de mercancías y de personas entre Europa, Asia y América, así como el aumento de inmigrantes a Estados Unidos.

A lo largo del tiempo, la construcción naval ha experimentado cambios constantes y progresivos para adaptarse a las nuevas demandas mediante el uso de tecnología innovadora. Los avances más significativos incluyen:

- La sustitución de la madera por materiales como el hierro y, posteriormente, el acero.
- La transición de barcos de vela a buques propulsados por vapor.
- El desarrollo de nuevos tipos de buques, como los buques tanqueros y los buques refrigerados.
- Un aumento gradual en la velocidad, tamaño y seguridad de las embarcaciones.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se observó un crecimiento continuo en el comercio global, lo que resultó en un incremento en el número de barcos. Como consecuencia, se produjo una mayor atención en la mejora de la velocidad y eficiencia de los buques. (van Dokkum, 2003)

### 1.2.1 Tipos de buques

Existen distintos tipos de buques (ver Figura 1), cada uno diseñado para cumplir con una función o propósito específico. En su libro *“Ship Knowlegde: A modern encyclopedia”*, (van Dokkum, 2003) realiza la siguiente clasificación:

- Barcos para el transporte de mercancías y pasajeros:
- Buques de carga general: Es un buque con casco de una sola cubierta que puede tener una sola bodega o un arreglo adjunto de bodega y cubierta. Está especialmente

diseñado para el transporte de varios tipos de carga seca, a diferencia de los barcos que utilizan contenedores estándar. En estos barcos, cuando se transporta carga, no hay lugar para tales contenedores. En cambio, tienen grúas incorporadas para las operaciones de carga y descarga en los puertos.

- Buques portacontenedores: Estos barcos están especialmente diseñados para el transporte de carga en contenedores. Son responsables de la mayor parte del tráfico internacional de carga seca, lo que significa que más del 50% del comercio marítimo se realiza en estos grandes barcos.
- Buques de cargamento rodado: Estos buques, comúnmente conocidos como Ro-Ro (*Roll-on/Roll-off*), son utilizados para el transporte de carga rodante, como vehículos, camiones, maquinaria pesada y remolques. Estos elementos pueden ser cargados y descargados del buque utilizando rampas.
- Buques de ganado: Este tipo de embarcación se caracteriza por ser altamente sensible debido a que se dedica al transporte de animales vivos. Estos barcos están diseñados con áreas especiales destinadas a la alimentación del ganado. Algunos buques incluso cuentan con corrales al aire libre, aunque en la mayoría de los casos estos corrales son cerrados.
- Buques de gaseros: En ocasiones, estos buques son clasificados junto a los petroleros, pero cuentan con tecnología más avanzada para almacenar gas licuado, que es una forma de combustible en crecimiento. Por otro lado, las embarcaciones que transportan cargas químicas están equipadas con múltiples tanques para evitar la mezcla de diferentes sustancias durante el transporte.
- Buques refrigerados: Este tipo de buque se encarga de transportar alimentos y mercancías perecederas, como frutas y verduras, que deben mantenerse en óptimas condiciones durante el viaje. Estas mercancías requieren un tratamiento térmico especial, específicamente mantenerse a temperaturas muy bajas. Por lo tanto, estos barcos están equipados con entre tres y cinco bodegas para el almacenamiento adecuado de la carga.
- Buques petroleros: Están especialmente diseñados para transportar crudo. Se diferencian de los buques de carga en características técnicas como la capacidad para transportar combustible de manera segura, la resistencia estructural y los sistemas de bombeo para cargar y descargar combustible. Estos barcos son grandes y normalmente realizan operaciones de atraque en el alta mar. Su capacidad de almacenamiento es de hasta 2 millones de barriles de crudo. (DACHSER, 2019)

**Figura 1***Tipos de buques*

*Nota.* Adaptado de Shipping & Logistics Blog (2019)

### 1.3 Descripción general de la empresa

Transgas Shipping es una empresa peruana sólida y con reconocimiento internacional para el transporte de gas natural, petróleo y otros productos químicos. Su sede se encuentra en Lima, Perú. Inició su actividad como empresa de gestión de buques en julio de 1991.

Su primer buque, denominado Transgas I, con una capacidad de 918 m<sup>3</sup> y semi-refrigerado. La embarcación llegó a Perú reemplazando una pequeña barcaza de GLP que operaba entre los puertos de Talara y Callao en la costa peruana.

El primer buque se vendió en julio de 1993 y fue reemplazado por el buque Taurogas de 1450 m<sup>3</sup>. Un año más tarde se incorporaron el buque Libragas de 1.620 m<sup>3</sup> y el buque Capricornio Gas de 2.500 m<sup>3</sup>, mejorando notablemente la capacidad operativa.

Antes de diciembre de 1998, Transgas Shipping se especializaba en el transporte de GLP a lo largo de la costa de Perú, con viajes ocasionales a Chile y Ecuador. Desde entonces, a pedido de importantes empresas, se han expandido a otras partes de Sudamérica, el Caribe y Asia.

La principal preocupación de Transgas Shipping es renovar y mejorar constantemente su flota para responder con confianza a los desafíos y demandas de los nuevos mercados. Transgas Shipping gestiona actualmente una flota de 13 buques.

### **1.3.1 Descripción del área de mantenimiento**

Los buques al ser los principales activos de la empresa representan la principal fuente de ingresos y egresos. Los ingresos se generan por los periodos de utilización efectiva del buque, es por eso que los sistemas y equipos de abordaje deben estar operativos y ser confiables en el tiempo para la disponibilidad operacional de la nave.

Los superintendentes son los encargados de que los distintos buques se encuentren totalmente operativos. Cada buque tiene un plan de mantenimiento diferente, el cual es creado por el superintendente en coordinación con el capitán, oficiales y jefe de máquinas de cada buque. Poseen distintos planes de mantenimiento debido a las condiciones de cada buque (año de fabricación, tipo de buque, etc).

Se realizan mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos dependiendo de cada caso. Los mantenimientos preventivos y predictivos se realizan de forma periódica, los cuales se determinan mediante los manuales del equipo (data del fabricante) y experiencia del jefe de máquinas.

El mantenimiento preventivo es el regular, se realizan trabajos de limpieza, cambios de aceite, lubricantes, etc. Normalmente están determinados por el número de horas registradas en el equipo.

El mantenimiento predictivo es el que se realiza cada cierto tiempo con el fin de realizar un análisis del equipo y ver el funcionamiento de este, en caso no se encuentre ninguna falla se puede seguir operando el equipo con normalidad. Si se llega a encontrar un resultado anómalo se deberá proceder a un mantenimiento correctivo, ya sea de sustituir la pieza fallada del equipo (en algunos casos reemplazar todo el equipo) o a veces se puede repotenciar el equipo si es que se ha encontrado un bajo.

Actualmente la empresa cuenta con el software AMOS que ayuda en las labores de la gestión de mantenimiento, el cual al ingresar todos los datos gestiona el plan de mantenimiento programando cada servicio. Además, se pueden enlazar el inventario con los repuestos y consumibles usados en cada servicio. Por último, el programa genera KPI's los cuales son indicadores de cómo se está realizando las tareas y así se pueden observar las deficiencias para luego encontrar algún plan de mejora.

### **1.3.2 Historia y ámbito geográfico del buque**

Transgas Shipping Lines es una naviera que existe desde hace más de 30 años y está dividida en dos empresas hermanas: Transgas Shipping Lines, fundada en Perú, y Transgas International, con sede en Estados Unidos; las cuales se encargan de velar por las operaciones de los buques de bandera nacional y los buques con operaciones en el extranjero, respectivamente.

Para el presente informe nos centraremos en el mantenimiento de un buque cuyas operaciones se realizan en Perú, dicho buque es conocido como “ADRIAN” (Figura 2). Este es una embarcación destinada al reabastecimiento de combustible en altamar cuyo puerto de registro es el Puerto del Callao. La ficha de datos de la embarcación se muestra a continuación (Figura 3)

#### **Figura 2**

*Fotografía del buque tanque ADRIAN*



*Nota.* © Fotografía tomada por Hugo Camasca, colaborador de Transgas Shipping Lines

**Figura 3***Ficha de datos del buque ADRIAN***ADRIAN**

TYPE:	OIL TANKER
PREVIOUS NAME:	BRO VARIO
FLAG:	PERU
PORT OF REGISTER:	CALLAO
DATE OF BUILDING:	2003
REGISTRY N°:	CO-52034-MM
CALL SING:	OA-2060
IMO:	9276303
CLASS:	AMERICAN BUREAU OF SHIPPING
MMSI N°:	
L.O.A:	143.52 M
L.B.P:	136.38 M
BREADTH:	22.00 M
DRAUGHT:	11.80 M
SUMMER DRAFT:	8.175 M
DEAD WEIGHT:	16,569.00 MT
GROSS TONNAGE:	9,882.00 MT
NET TONNAGE:	5,296.00 MT
LIGHT SHIP:	4,907.00 MT
CARGO CAPACITY:	18,220.167 M <sup>3</sup>
SPEED:	14 KNOTS
POWER:	6650 HP

*Nota.* Tomado de Transgas

Como se mencionó anteriormente, el ADRIAN es una embarcación de bandera peruana destinado principalmente al reabastecimiento de combustible en altamar, debido a este motivo se ha determinado una zona específica de trabajo que, a su vez, se divide en áreas. El buque se encuentra anclado a 13 km del muelle Grau, en este lugar recibe a los tripulantes nuevos que embarcarán. Para abastecerse de combustible es necesario ir al puerto de Conchán, ubicado a 66.5 km del punto de anclaje. A continuación, se muestra una ilustración de la zona permitida de desplazamiento de la embarcación (Figura 4).

**Figura 4**

*Zona geográfica del traslado del buque ADRIAN*



*Nota.* Imagen obtenida de Google Maps

## Capítulo 2

### Análisis y propuestas de mejora al plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento de un buque tanque abarca una serie de actividades programadas que incluyen inspecciones, reparaciones, reemplazos y mantenimiento preventivo. Su objetivo principal es asegurar la fiabilidad y seguridad de la embarcación, además de cumplir con los requisitos reglamentarios establecidos por las autoridades marítimas.

El análisis del plan de mantenimiento implica una evaluación exhaustiva de todas las actividades planificadas y los intervalos de tiempo establecidos para llevarlas a cabo. Se busca identificar áreas de mejora, como la optimización de los intervalos de mantenimiento, la eficiencia de los recursos utilizados y la reducción de tiempos de inactividad no planificados. Además, el análisis también se enfoca en recopilar y analizar datos históricos de mantenimiento, averías y rendimiento del equipo para obtener una visión más precisa de las necesidades de mantenimiento del buque tanque.

Una vez realizado el análisis, se pueden implementar medidas de mejora en el plan de mantenimiento. Estas mejoras pueden incluir ajustes en los intervalos de mantenimiento basados en datos históricos y análisis de confiabilidad, la adopción de tecnologías de monitoreo avanzadas para un mantenimiento predictivo, la actualización de procedimientos y documentación, y la capacitación del personal de mantenimiento.

#### 2.1 Análisis del plan de mantenimiento actual

##### 2.1.1 Descripción del plan de mantenimiento existente

El plan de mantenimiento actual se encontraba definido según el manual del fabricante de las máquinas y equipos, esto no quiere decir que sea un plan equivoco. El buque al ya tener cierta cantidad de años requiere de una actualización del plan de mantenimiento, en especial acerca de los equipos críticos. Al tener un mayor uso y desgaste en ciertos componentes, la periodicidad de inspecciones y recambios suele ser menor. Se ha visto que ciertos equipos han lanzado alarmas por fallos de manera más recurrente y debemos hacer un análisis en ellos para poder identificar la causa del problema.

##### 2.1.2 Análisis del plan de mantenimiento existente

Para efectos prácticos se realizó una evaluación exhaustiva de un equipo seleccionado. Para determinar el equipo a evaluar se realizó un pequeño análisis para determinar la criticidad del mismo. Seguidamente, se nombraron las fallas más concurrentes con el fin de elaborar un Pareto. Se la técnica de análisis del AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallas). Finalmente se calcularon 3 KPI's "Key Performance Indicator" propios del mantenimiento: MTTR "Mean Time To Repair", MTBF "Mean Time Between Failures" y Disponibilidad.

**2.1.2.1 Identificación de sistemas.** El primer paso a realizar es dividir los equipos en sistemas. Se identificaron 9 sistemas y estos son:

Sistema de Navegación  
 Sistema de Comunicaciones  
 Sistema de Gobierno  
 Sistema de Maniobra  
 Sistema de Carga Comercial  
 Sistema de Propulsión  
 Sistema de Generación Eléctrica  
 Sistemas Auxiliares  
 Sistemas de Seguridad y Salvamento

Los Sistemas están conformados por subsistemas (conjunto de equipos que realizan una función complementaria dentro de un sistema).

**2.1.2.2 Análisis de criticidad.** La criticidad se refiere al grado de influencia e importancia de una máquina, equipo o dispositivo en los procesos organizacionales.

Las prioridades a su vez determinarán la intensidad y frecuencia con la que mantenemos los activos. Muchas veces, los elementos más importantes de un negocio deben estar determinados por el presupuesto, la mano de obra y la disponibilidad de tiempo.

Luego de haber identificado los sistemas, se realizó un análisis de criticidad para poder identificar los equipos y máquinas que requieren mayor atención. Existen diversos métodos para determinar la criticidad de un equipo. Nos hemos basado en los siguientes puntos:

- Parte de un proceso continuo
- Equipo independiente y/o único.
- Sin repuestos
- Diseño nuevo no probado
- Diseño probado; poca experiencia interna
- Accesibilidad
- Operando según parámetros:

Temperatura

Presiones

Voltaje

Alta velocidad o inercia

- Nivel de habilidad requerido
- Disponibilidad y costo de repuestos

También hemos tomado en cuenta los criterios establecidos por SOMA, departamento de Seguridad Ocupacional y Medio Ambiente. Se tiene una clasificación de 4 niveles según la escala de referencia mostrada en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Escala de referencia*

Escala de referencia		
A	Crítica	21 a 27
B	Importante	14 a 20
C	Regular	8 a 13
D	Opcional	1 a 7

En la Tabla 2, se aprecian los criterios de evaluación de criticidad. Se encuentran divididos en 10 criterios, los cuales presentan una ponderación que nos indicará la clasificación de la máquina según la escala de referencia mostrada en la Tabla 1.

**Tabla 2**

*Criterios de evaluación de criticidad*

Tabla de evaluación de criticidad de equipos						
Ítem	Variables	Concepto	Ponderación	Observación		
1	Efecto sobre el servicio que proporciona	Para	4			
		Reduce	2			
		No para	0			
2	Parte de un proceso continuo	Si	1			
		No	0			
3	Valor técnico económico	Alto	3	> US\$ 20,000		
		Medio	2			
		Bajo	1	< US\$ 1,000		
4	La falla afecta	Si	1	Deteriora otro componente		
		No	0			
	Al servicio	Si	1	Posibilidad de accidente del operador		
		No	0			
	A la seguridad		Si	1		

	No	0	Posibilidad de accidente a otras personas u equipos
5	Posibilidad de falla		
	Alta	2	Se puede asegurar que el equipo trabaje correctamente
	Baja	0	
6	Flexibilidad del equipo en el sistema		
	Único	2	No existe otro igual o similar
	By pass	1	El equipo puede seguir funcionando
	Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado
7	Dependencia de la mano de la obra		
	Sin repuestos	3	No se encuentran repuestos
	Extranjero	2	Se tiene que importar los repuestos
	Local	1	Se encuentran localmente
8	Dependencia de la mano de obra		
	Terceros	2	Se requiere contratar personal externo
		0	Se realiza con personal propio
9	Facilidad de reparación (mantenibilidad)		
	Baja	1	Mantenimiento complejo
	Alta	0	Mantenimiento sencillo
10	Operando según parámetros		
	Alta temperatura	Si	
		No	
	Alta presión	Si	
		No	
	Alto voltaje	Si	
		No	
	Alta velocidad	Si	
		No	

- Selección de la máquina

Dentro de la lista de activos presentada en el Apéndice A, bajo el nombre de “Sistema de seguridad y salvamento” se encuentra el activo que hemos decidido conveniente utilizar para realizar un análisis de mantenimiento más a profundidad. Se escogió la Electrobomba

contra incendio de emergencia. El motivo de selección de este activo fue que, bajo el criterio del “Análisis de criticidad”, se definió como crítico ya que obtuvo 25 puntos.

Cabe mencionar que el alcance de nuestro desarrollo solo llega hasta la electrobomba como tal, no se realizará el análisis del motor al que está acoplada debido a la falta de datos relacionados a las fallas de este.

- Descripción de la máquina

La electrobomba contra incendio de emergencia es una bomba centrífuga que como base de funcionamiento tiene un impulsor que siempre está inmerso en agua, y al rodar éste, hace que el líquido que lo rodea también rote. Esta bomba, como todo equipo necesita de constante vigilancia para su correcto funcionamiento.

- Listado de fallas:

Calentamiento en la parte de los rodamientos

Fuga de agua en las empaquetaduras

Fuga de agua por sello mecánico

Vibración de la bomba

La bomba arranca, pero no descarga agua

La bomba arranca, pero no descarga lo suficiente

La bomba no arranca

- Selección de 5 fallas principales:

La bomba arranca, pero no descarga lo suficiente

Fuga de agua en empaquetaduras

Fuga de agua por sellos mecánicos

La bomba arranca, pero no descarga agua

Calentamiento en la parte de rodamientos

**Tabla 3**

*Listado de incidencia de fallas*

Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados
Vibración de la bomba	0.5
Fuga de agua en las empaquetaduras	1
Fuga de agua por sello mecánico	1
La bomba arranca, pero no descarga agua	1

La bomba no arranca	0
Calentamiento en la parte de rodamientos	1
La bomba arranca, pero no descarga lo suficiente	2
La bomba arranca, pero el motor se sobrecalienta	0.5

**Figura 5**

*Pareto de fallas*

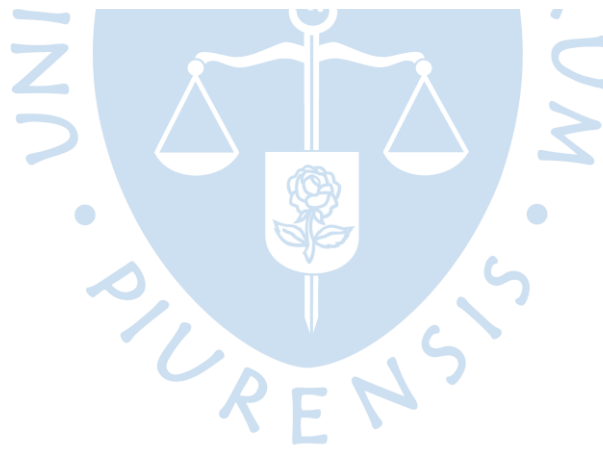
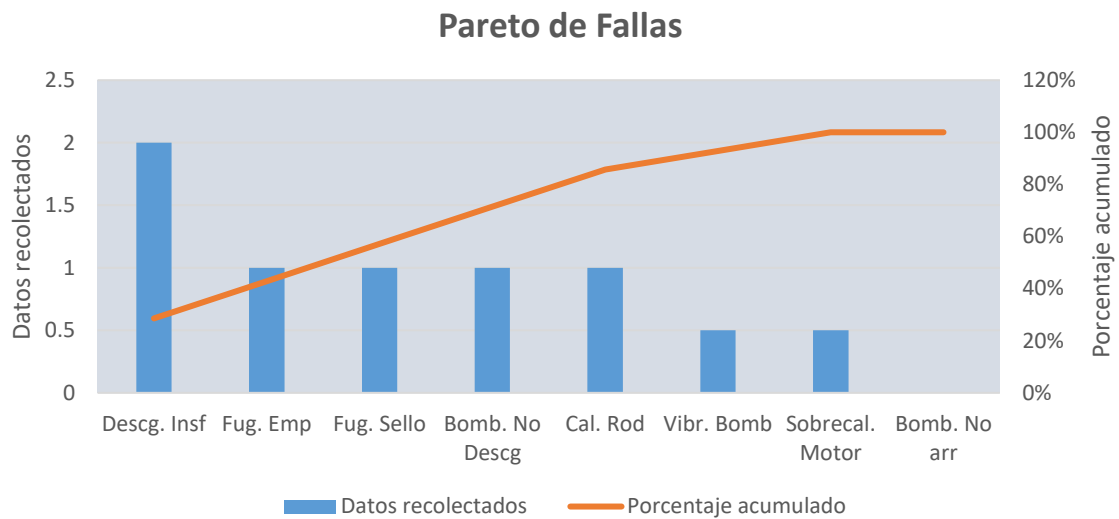


Figura 6

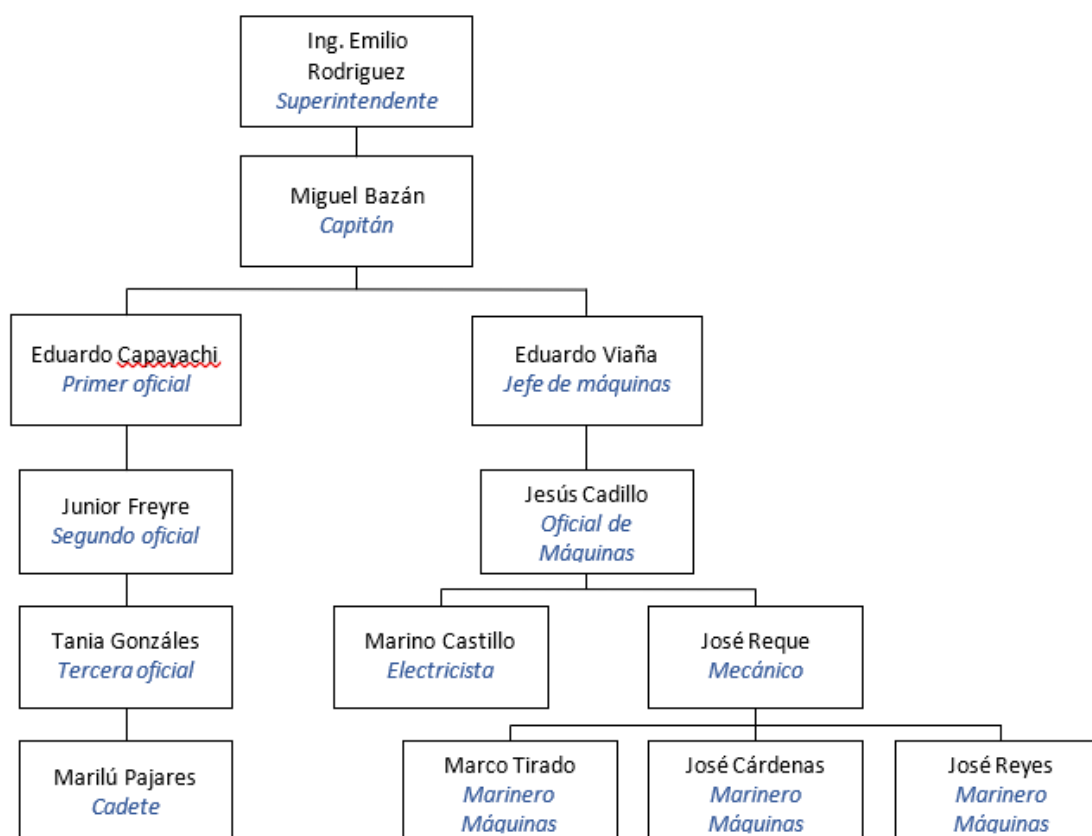
## AMEF Bomba contra incendio de emergencias

Fecha:		Planta: BT Adrian					
Verificado por:		Observaciones:					
Función:	Modo de Falla	Causa de Falla	Efectos de Falla			Tarea de Mantenimiento	Frecuencia
			Consecuencia	Frecuencia Anual	Tiempo Perdido (H)		
Bomba contra incendios de emergencia	La bomba arranca pero no descarga lo suficiente	Filtro de succión sucio	Disminuye el caudal de succión, disminuyendo la presión de la bomba	48	1	Limpieza de filtros	Semanal
		Bajo caudal de agua	La bomba no descarga a la presión indicada	6	1	Verificación de niveles de succión	Diario
		Válvula de descarga estrangulada	Disminuye el caudal de descarga pudiendo producir recalentamiento	4	1	Verificación de la apertura total de la válvula	Diario
		Impeller desgastado	La bomba no impulsa el caudal suficiente	1	2	Prueba de performance para verificar presión de descarga	Mensual
	Fuga de agua en las empaquetaduras	Desgaste en las empaquetaduras	Fuga de agua en las bridas de la bomba provocando corrosión	2	2	Cambio de empaquetaduras	Semestral
		Falta de ajuste en bridas	Fuga de agua por mal trabajo de los pernos de amarre	2	2	Reajuste de pernos de amarre de las bridas	Semanal
		Recalentamiento de empaquetaduras	Fuga de agua por desgaste del material	2	2	Cambio de empaquetaduras	Semestral
	Fuga de agua por sello mecánico	Desgaste en las caras del sello	Fuga de agua por el eje debido a la fatiga del material	2	1	Inspección periódica a los sellos mecánicos	Trimestral
		Falta ajuste en el sello	Fuga de agua por el eje debido a la calibración de ajuste	2	2	Calibración de ajuste de sellos	Trimestral
		Recalentamiento de sello	Fuga de agua por el eje con la consecuente rotura del sello	2	1	Verificación de temperatura de los sellos	Diario
	La bomba arranca pero no descarga agua	Filtro de succión tapado	La bomba no descarga agua por baja presión de succión	12	2	Limpieza de filtros	Semanal
		Aire en el sistema	La bomba no descarga agua y puede producir golpes de ariete	4	1	Purgado de la línea antes de la puesta de servicio	Diario
		Válvula de descarga cerrada	Contrapresión en la línea y recalentamiento del motor	1	1	Verificación de apertura y cierre de la válvula	Diario
		Impeller y componentes internos desgastados	La bomba no es capaz de impulsar el agua debido al desgaste de sus componentes	1	6	Mantenimiento periódico preventivo	Semestral
	Calentamiento en la parte de rodamientos	Rodamientos desgastados	Desgaste de rodamientos por horas de trabajo produciendo vibraciones y ruidos extraños	2	4	Análisis vibracional	Trimestral
		Falta de engrase en rodamientos	Rodamientos en mal estado por falta de mantenimiento pudiendo conllevar a que la bomba se tranque	2	1	Engrase de rodamientos	Semanal
		Portarodamientos con desgaste	Vibración de la bomba y recalentamiento de rodamientos debido a la luz interna entre portarodamiento y rodamiento	1	4	Análisis vibracional	Trimestral
		Contaminación del rodamiento	Trancado de rodamiento por suciedad	4	1	Inspección en zona de rodamiento	Semanal

**2.1.2.3 Organigrama del área de mantenimiento.** En el siguiente esquema se presenta el organigrama resumido de los encargados del mantenimiento del BT Adrian. El Ingeniero Emilio Rodríguez, superintendente de la nave es el que lidera el área de mantenimiento, es el encargado de planificar y supervisar las tareas de mantenimiento. Seguidamente se encuentra el Capitán Miguel Bazán, quien se encuentra al mando de la operación de la nave. Trabaja en conjunto con el superintendente para poder coordinar las tareas de mantenimiento.

**Figura 7**

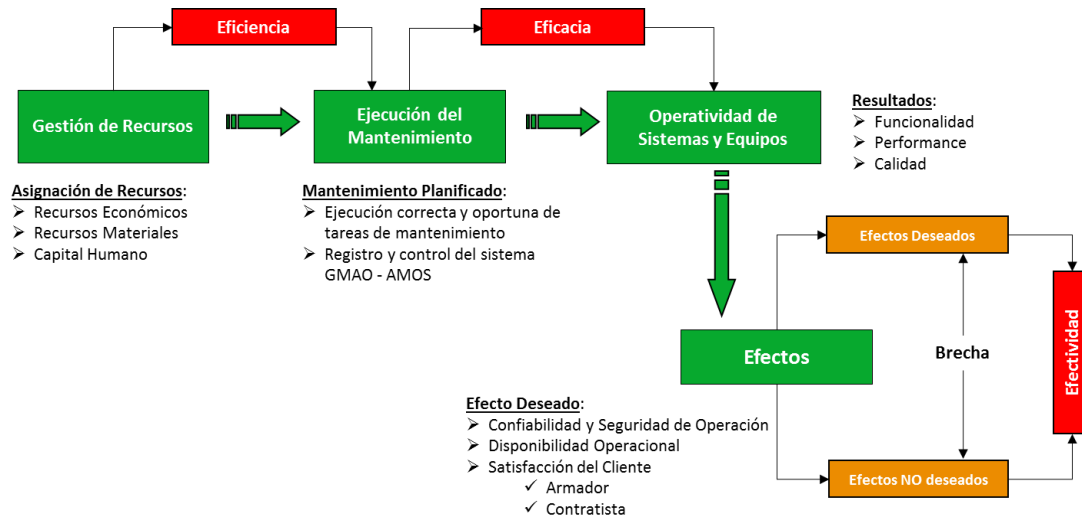
*Organigrama BT Adrian*



**2.1.2.4 Indicadores.** Puntos de medición para el establecimiento de los indicadores de gestión (KPI's). El proceso de verificación permite interiorizarse en las actividades de mantenimiento y buscar, entre soluciones creativas e innovadoras, alternativas inteligentes y factibles de implementación.

Figura 8

## Proceso de verificación



Los indicadores de mantenimiento que se miden en la embarcación son los siguientes:

**MTBF (Mean Time Between Failures).** Es el promedio de tiempo transcurrido entre dos fallas consecutivas de un activo o equipo.

**MTTR (Mean Time To Repair).** Representa el promedio de tiempo que se necesita para reparar un activo o equipo después de una falla.

**Disponibilidad (Availability).** Mide el tiempo en que un equipo o activo está operativo y listo para su uso, expresado como un porcentaje del tiempo total.

- MTBF: Mean Time Between Failures (Tiempo medio entre Fallas)

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo Total de Funcionamiento}}{\# \text{ Fallas}} \quad 1$$

$$\text{MTBF} = \frac{720}{6} = 120 \text{ horas} \quad 2$$

- MTTR: Medium Time To Repair (Tiempo medio de Reparación)

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo Total de Inactividad (Mtto)}}{\# \text{ Fallas}} \quad 3$$

$$\text{MTTR} = \frac{6}{6} = 1 \text{ hora} \quad 4$$

- Disponibilidad

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad 5$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{120}{120 + 1} \times 100\% = 99.2\% \quad 6$$

Se considera un tiempo total de funcionamiento de 720 horas ya que el buque se encuentra las 24 horas del día en funcionamiento. El MTBF nos indica que el tiempo promedio entre fallas es de 120 horas. Al ser un periodo espaciado y tratarse de un elemento del cual su reparación demanda 1 hora de trabajo, obtenemos que la disponibilidad es una cifra casi perfecta, superior al 99%. Este indicador nos habla muy bien acerca de la mantenibilidad de este equipo.

Adicionalmente se efectuó un análisis rápido de otra máquina (Compresor de aire de emergencia), perteneciente al sistema neumático.

Situación actual:

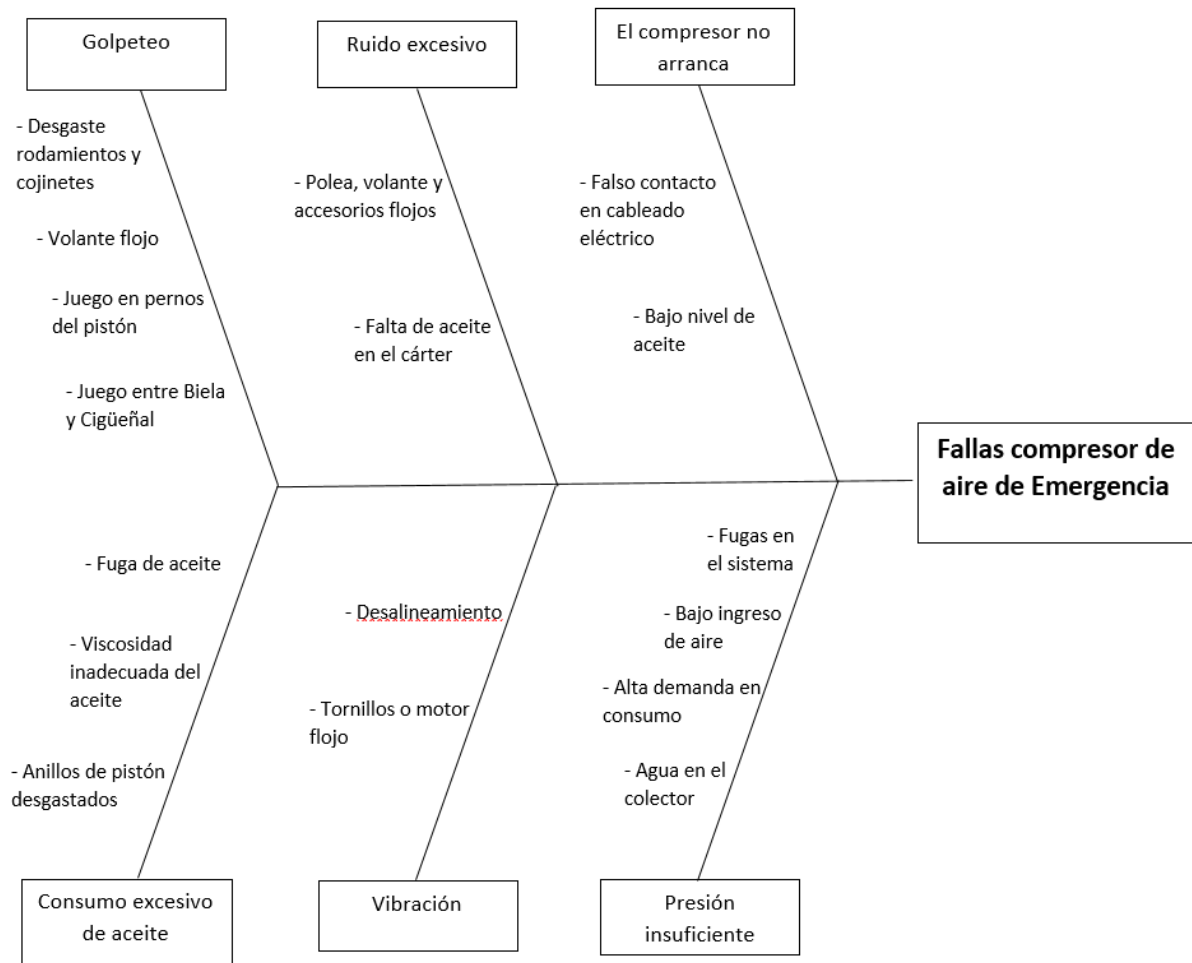
Tiempo total de funcionamiento: 712 horas

Tiempo total de inactividad: 12 horas

# fallas: 5

$$\text{MTTR} = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ horas} \quad 7$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{142.4}{142.4 + 2.4} \times 100\% = 98.3\% \quad 8$$

**Figura 9***Análisis Ishikawa: Compresor de aire de emergencia***Tabla 4***Plan de mejoras: Compresor de aire de emergencia*

Ítem	Actividad	Responsable	Rutina	Observación
1	Rutina de inspección constante en reajuste de terminales y mantenimiento del tablero eléctrico	Electricista	Mensual	Chequeo de contactores, realizar informe
2	Revisión rutinaria del nivel del tanque	Engrasador/ oficial de guardia	Diario	Observar niveles y alguna contaminación
3	Rutina de inspección y reajuste de partes móviles	1er Ingeniero	Mensual	Verificación periódica

4	Eliminación de fugas de aceites, reajuste de conexiones	Mecánico		Semanal	Verificación constante e informar
5	Mantenimiento preventivo de cojinetes y rodamientos	Jefe de Máquinas/ Ingeniero	1er	Semestral	Inspección e informe
6	Uso adecuado de aceite de lubricación	1er Ingeniero		Diario	Verificar calidad de aceite
7	Limpieza de enfriadores y verificación de temperatura	Oficiales de guardia		A demanda	Verificación de parámetros de temperatura y diferenciales de presión
8	Rutina de purgado a colectores de aire y aceite	Engrasadores		Diario	Verificación constante
9	Rutina de mantenimiento a filtros de aire y aceite	Oficial de guardia/ Engrasador		Semanal	Verificación de presiones y diferenciales
10	Verificación de demanda de consumo	Jefe de Máquinas/ Ingeniero	1er	Diario	Chequeo constante de consumo

Resultados luego del plan de mejoras:

Tiempo total de funcionamiento: 712 horas

Tiempo total de inactividad: 8 horas

# Fallas: 3

$$MTTR = \frac{8}{3} = 2.67 \text{ horas} \quad 9$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{142.4}{142.4 + 2.67} \times 100\% = 98.9\% \quad 10$$

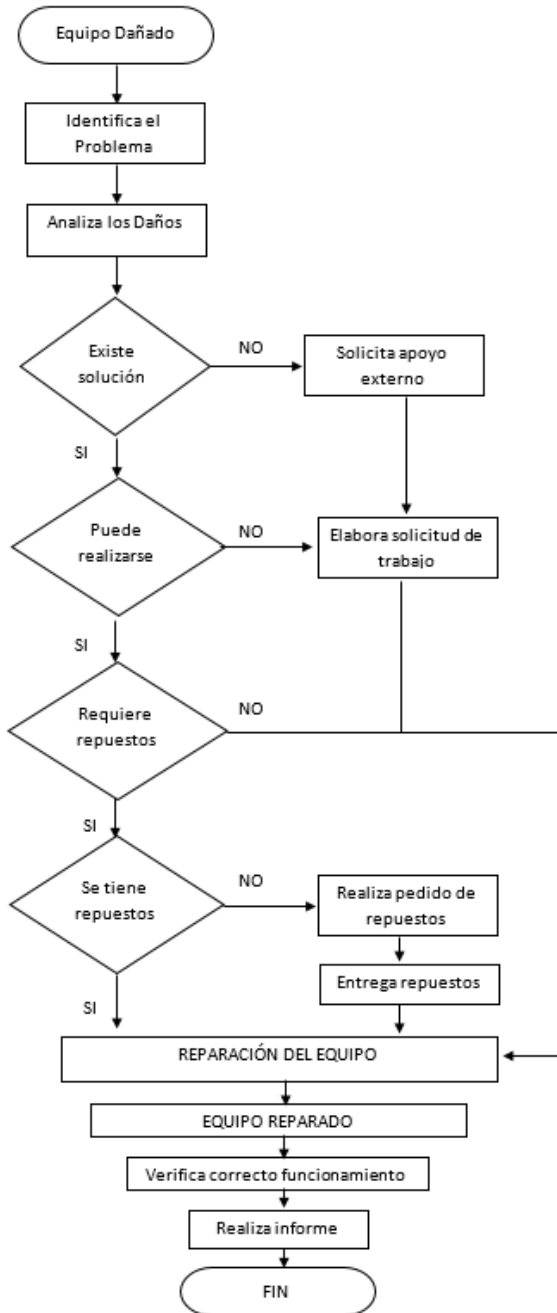
En comparación con los KPI's antes de implementar el plan de mejoras, se puede observar que hay una disminución en el número de fallas y el tiempo de para del equipo.

Además, se ve que la disponibilidad ha aumentado en 0.6 puntos porcentuales.

**2.1.2.5 Diagrama de flujo para fallas en equipo.** El siguiente diagrama muestra el procedimiento que se debe seguir una vez que se presente alguna falla en los equipos.

Figura 10

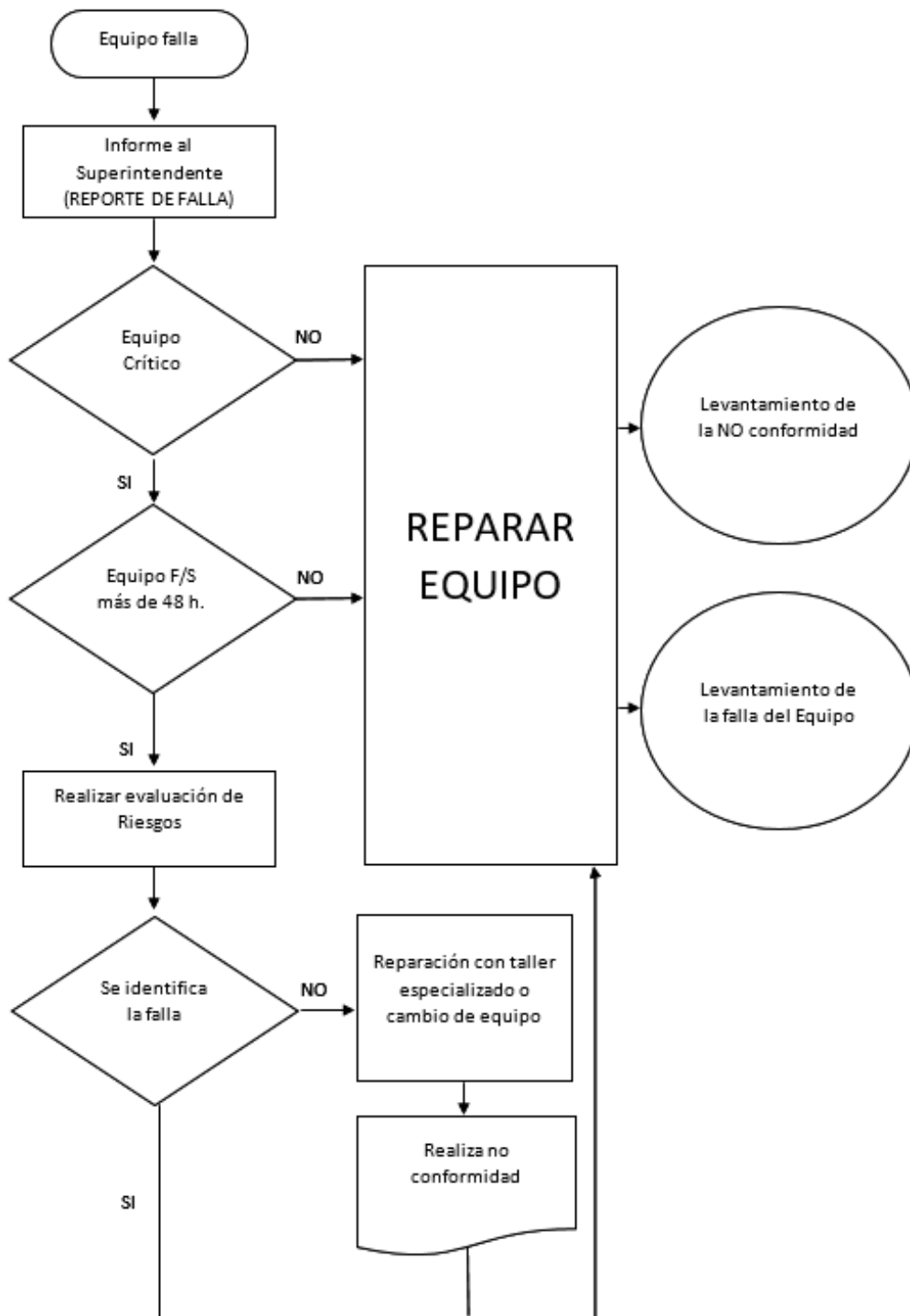
Diagrama de flujo para fallas en equipo



**2.1.2.6 Diagrama de flujo para reparación de equipos.** A continuación, se observa el diagrama con los pasos a seguir cuando el equipo presenta una falla y se plantea la reparación del equipo.

Figura 11

Diagrama de flujo para reparación de equipos



### 2.1.2.7 Recursos de mantenimiento

- Presupuesto global

El presupuesto global destinado a la embarcación es de un aproximado de 1.8 millones de dólares y se puede observar en el Apéndice C.

Cabe mencionar que el buque se somete a una certificación anual por parte de la agencia de certificación internacional “Bureau Veritas”. Esta organización es la que, a través de auditorías de control, inspecciones y análisis estándares, entrega el certificado que permite todas las operaciones de la embarcación, incluidas las del mantenimiento.

- Personal

El trabajo se desempeña casi siempre con personal propio. En algunos casos específicos, como trabajos en donde son necesarios vehículos pesados como grúas, la empresa requiere de terceros. De forma esporádica la empresa también terceriza el contrato de personal técnico.

- Gestión de repuestos

Siempre se lleva un control de los repuestos, esto se puede observar en el Apéndice B. Un pedido de repuestos se realiza a través de un requerimiento para solicitar materiales para el mantenimiento adecuado de la embarcación. Dicho requerimiento se lleva a cabo mediante un sistema de planificación de recursos de empresariales (ERP).

- Tecnología

Actualmente la empresa cuenta con el software AMOS que ayuda en las labores de la gestión de mantenimiento, el cual al ingresar todos los datos gestiona el plan de mantenimiento programando cada servicio. Además, se puede enlazar el inventario con los repuestos y consumibles usados en cada servicio. Por último, el programa genera KPI's los cuales son indicadores de cómo se está realizando las tareas y así se pueden observar las deficiencias para luego encontrar algún plan de mejora.

## **2.2 Mejora del plan de mantenimiento**

### **2.2.1 Objetivos de mejora**

Se buscan conseguir los siguientes objetivos:

- Mayor seguridad e integridad medioambiental: Se toman pasos para minimizar riesgos sobre seguridad y medio ambiente.
- Mejora el rendimiento operativo: productividad y servicio del cliente.
- Mayor rentabilidad de mantenimiento: asegurar que el gasto de mantenimiento se haga donde será más beneficioso.
- Vida útil más larga: enfocado en el uso de técnicas de mantenimiento.
- Banco de datos: Información registrada para futuros mantenimientos.

### 2.2.2 Propuesta de mejora

Un sistema efectivo de gestión del mantenimiento será el resultado de una evaluación por parte de la empresa de los riesgos asociados. Al llevar a cabo dicha evaluación, la empresa debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las recomendaciones y especificaciones de mantenimiento del fabricante del equipo
- El historial del equipo, incluyendo fallas, defectos y daños, y las acciones correctivas correspondientes
- Los resultados de las inspecciones de terceros
- La edad del barco
- Equipos o sistemas críticos identificados
- Las consecuencias de la falla del equipo en la operación segura del barco

Un enfoque sistemático para el mantenimiento comenzará con el establecimiento de un registro completo de activos o una base de datos de maquinaria, equipos y accesorios. Se basará en la evaluación de riesgos descrita anteriormente e incluirá:

- El establecimiento de intervalos de mantenimiento
- La definición de los métodos y la frecuencia de inspección
- La especificación del tipo de equipo de inspección y medición que se utilizará, así como la precisión requerida del mismo
- El establecimiento de criterios de aceptación apropiados (aprobado/fallido)
- La asignación de responsabilidad de las actividades de inspección a personal debidamente calificado
- La asignación de responsabilidad de las actividades de mantenimiento a personal debidamente calificado
- La definición clara de los requisitos y mecanismos de informes

Los intervalos de mantenimiento deben establecerse en base a lo siguiente:

- Recomendaciones y especificaciones del fabricante
- Técnicas de monitoreo de condiciones (por ejemplo, análisis de aceite lubricante, análisis de vibraciones), cuando se utilicen como parte de un esquema de monitoreo de condiciones o mantenimiento basado en condiciones aprobado
- Experiencia práctica en la operación y mantenimiento del barco y su maquinaria, incluidas las tendencias históricas en los resultados de inspecciones rutinarias y en la naturaleza y frecuencia de las fallas

- El uso al que se destina el equipo: continuo, intermitente, en espera o de emergencia
- Restricciones prácticas u operativas, por ejemplo, mantenimiento que solo puede realizarse en dique seco
- Intervalos especificados como parte de los requisitos de clase, convenciones, administración y la empresa
- La necesidad de pruebas regulares de los arreglos de reserva

Los procedimientos para rutinas de inspección planificadas deben incluir lo siguiente:

- Criterios de aceptación (por ejemplo, aprobado/fallido, tolerancias)
- El uso de equipos de medición y pruebas adecuados con la precisión requerida
- La calibración del equipo de medición y pruebas de acuerdo con las normas apropiadas

Los siguientes son ejemplos de los tipos de inspecciones y pruebas que pueden llevarse a cabo:

- Visual
- Vibración
- Presión
- Temperatura
- Eléctrica
- Carga
- Estanqueidad al agua

Quando sea apropiado, se deben desarrollar listas de verificación para garantizar que las actividades de inspección, prueba, medición y mantenimiento se realicen de acuerdo con los procedimientos y en los intervalos especificados. Estas listas de verificación pueden basarse en las recomendaciones o especificaciones de los fabricantes.

Quando sea apropiado, se deben utilizar sistemas de permisos de trabajo para asegurar que las inspecciones y actividades de mantenimiento se realicen de manera segura. Un procedimiento de permiso de trabajo bien diseñado consistirá en una evaluación de riesgos realizada antes de llevar a cabo cualquier actividad peligrosa. Como resultado de la evaluación, se establecerán controles para eliminar o reducir los riesgos involucrados. Estos controles pueden incluir, entre otras cosas, una evaluación del entorno en el que se llevará a cabo el trabajo y las áreas y compartimentos adyacentes (especialmente para trabajos en caliente), el aislamiento de circuitos eléctricos o el vaciado de tuberías y tanques, la provisión de herramientas y equipos adecuados y bien mantenidos, la asignación de personal calificado y experimentado, y los arreglos de respaldo y emergencia.

La lista de equipos y sistemas 'críticos' variará según el tipo de barco y las operaciones en las que esté involucrado. Una vez que se haya identificado el equipo, se deben desarrollar pruebas y otros procedimientos apropiados para garantizar su fiabilidad.

A bordo de cualquier barco puede haber equipos y sistemas cuyo fallo operativo repentino pueda dar lugar a situaciones peligrosas, y para los cuales no existen requisitos obligatorios. Se deben proporcionar medidas destinadas a promover la fiabilidad de dichos equipos o sistemas.

Las pruebas y el mantenimiento de equipos de reserva y equipos de uso poco frecuente deben formar parte del plan de mantenimiento de la empresa. A continuación, se presentan ejemplos de elementos que deben someterse a inspección y prueba:

- Alarmas y dispositivos de parada de emergencia
- Integridad del sistema de combustible
- Integridad del sistema de carga
- Equipos de emergencia (EPIRB, VHF portátil, timón de emergencia, generador de emergencia, bomba de incendios de emergencia, etc.)
- Equipos de seguridad (detectores portátiles de gas y CO<sub>2</sub>, etc.)
- Equipos de lucha contra incendios y equipos de salvamento
- Generadores y baterías

Se plantea la siguiente lista (ver Tabla 5) de verificación de los principales controles del sistema de gestión de mantenimiento.

**Tabla 5**

*Lista de verificación de los principales controles del sistema de gestión de mantenimiento*

	Control	Si	No
1	¿Recibimos información pronta y confiable sobre nuevas y modificadas regulaciones estatutarias, de clase, internacionales y de estado de puerto, así como sobre códigos y directrices de la industria?		
2	¿Contamos con controles para garantizar el cumplimiento de todas las regulaciones obligatorias aplicables y para asegurarnos de que se tengan en cuenta los códigos, directrices y estándares apropiados?		
3	¿Se han definido claramente las responsabilidades y la autoridad del personal a bordo y en la oficina que participa en actividades de inspección y mantenimiento?		
4	¿Se han asignado las actividades de inspección y mantenimiento a personal adecuadamente calificado, capacitado y experimentado?		

- 
- 5 ¿Existen controles para garantizar que todos los documentos procedimentales y técnicos aplicables, en las ediciones correspondientes, estén disponibles donde se necesiten?
- 
- 6 ¿Se han tomado medidas para asegurarse de que los documentos obsoletos no puedan ser utilizados inadvertidamente?
- 
- 7 ¿Tenemos un sistema para la notificación y análisis de defectos, accidentes y situaciones peligrosas?
- 
- 8 ¿Se han definido claramente los tipos y la gravedad de los defectos e incidentes que deben ser reportados?
- 
- 9 ¿Existen procedimientos para la implementación de acciones correctivas y la verificación de su efectividad?
- 
- 10 ¿Los registros de inspección y mantenimiento nos permiten monitorear adecuadamente el historial de mantenimiento del barco, su maquinaria y sus equipos?
- 
- 11 ¿Hemos establecido todos los intervalos de inspección apropiados?
- 
- 12 ¿Hemos definido los métodos de inspección y el tipo y precisión del equipo de inspección y medición a utilizar?
- 
- 13 ¿Hemos establecido criterios de aceptación apropiados?
- 
- 14 ¿Hemos establecido todos los intervalos de mantenimiento apropiados?
- 
- 15 ¿Se están manteniendo suficientes registros de inspección y mantenimiento para demostrar el cumplimiento de los requisitos de la empresa y las regulaciones obligatorias?
- 
- 16 ¿Hemos identificado todos los equipos y sistemas técnicos, incluidos los elementos de reserva y de uso poco frecuente, cuyo fallo operativo repentino pueda dar lugar a situaciones peligrosas?
- 
- 17 ¿Existen procedimientos adecuados de permiso de trabajo para evaluar los riesgos involucrados en las actividades de inspección y mantenimiento y garantizar la aplicación de controles adecuados?
- 
- 18 ¿Se proporciona información de mantenimiento analizada y resumida de manera adecuada para incluir en las revisiones de la efectividad del sistema de gestión de los capitanes y la empresa?
- 
- 19 Cuando se utilizan el monitoreo de condiciones y el mantenimiento basado en condiciones para influir en el mantenimiento, ¿el sistema de monitoreo es efectivo y se está operando de manera apropiada?
-



## Conclusiones

Para poder garantizar un correcto funcionamiento de los buques es necesario tener y seguir el plan de mantenimiento para cada uno de los equipos y máquinas de los respectivos sistemas de la nave. Para diseñar un plan de mantenimiento eficiente se tendrá que hacer un análisis previo de la máquina o equipo, esto quiere decir que se debe analizar la data.

Al tener toda la información requerida se podrá organizar en diversos cuadros para luego ver de forma ordenada el porqué de las fallas y qué se puede hacer para solucionar estos problemas. Existen herramientas muy útiles para poder organizar y analizar las fallas, algunas de estas son: AMEF, Análisis Ishikawa (espina de pescado), etc.

Los indicadores (KPI's) son de mucha utilidad para ver el funcionamiento de los equipos, estos nos informan tiempos medios de fallas, de reparación, disponibilidad de los equipos, es así que uno puede darse cuenta cuando es necesario hacer un cambio ya sea para reestablecer el equipo o repotenciarlos.

En un proceso de mejoramiento del mantenimiento, debe evitar sobrecargarse y aplicar muchas iniciativas (herramientas) de forma simultánea, para esto es necesario conocer el objetivo de cada metodología y justificar su aplicación.

El éxito de la implantación del RCM dependerá fundamentalmente del personal de mantenimiento y producción involucrado, motivo por el cual, hay que tener un especial cuidado en el proceso de inducción y en la capacitación del personal que participará en este proceso. El proceso de inducción y capacitación deberá ser capaz de motivar al personal y de generar en este, el compromiso necesario, para implantar el RCM de forma eficiente.

El RCM se puede aplicar a cualquier equipo o conjunto de ellos. Lo fundamental es preparar una persona experta o facilitador en RCM y apoyarlo con el personal técnico (mantenimiento y producción), que son los que más conocen los recursos físicos de la organización, en cuanto a funcionamiento, operación, fallas, mantenimientos, entre otra



## Referencias

- DACHSER. (13 de 09 de 2019). DACHSER Intelligent Logistics. Obtenido de Tipos de buque por cargas: <https://www.dachser.pe/es/mediaroom/Tipos-de-buque-por-cargas-2507>
- Devaney, J. (2006). The Tankship Tromedy: The Impending Disasters in Tankers. Florida: The CTX Press.
- Eyres, D. J. (2001). Ship Construction. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Hunt, E. C. (1999). Modern Marine Engineer's Manual. Maryland: Cornell Maritime Press.
- Moubray, J. (2004). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Leicestershire: Aladon Ltd.
- Risco, R. (2016). Evaluación, diagnóstico y propuestas de mejora de la organización del área de operaciones y mantenimiento de la empresa SINERSA en Piura. Piura.
- van Dokkum, K. (2003). Ship Knowledge - A Modern Encyclopedia. Enkhuizen: Dokmar.





## Apéndices





**Apéndice A. Sistema de seguridad y salvamento**

Grupo	Equipo	Crítico	Work instruction	Periodicidad	Sistema
Equipos de búsqueda y navegación	Radar	Si	PPR001	Diario	Navegación
			CMG001	4000 horas	Navegación
			CMM001	10000 horas	Navegación
			CMV001	20000 horas	Navegación
			CMP001	50000 horas	Navegación
			CMC001	20000 horas	Navegación
			CMC002	20000 horas	Navegación
	CMB001	5 años	Navegación		
	GPS	Si	VFE001	Mensual	Navegación
			VST001	Mensual	Navegación
	ECDIS	Si	ACT001	Semanal	Navegación
	Ecosonda	Si	VFE001	Mensual	Navegación
	Piloto automatico	Si	VFE001	Diario	Navegación
			IPC001	Mensual	Navegación
	AIS	Si	IPC001	Anual	Navegación
			VFE001	Mensual	Navegación
			RT001	Mensual	Navegación
	Corredera	Si	VFE001	Mensual	Navegación
	Luces	No			Navegación
Corneta de aire y piston	No			Navegación	
Indicador de viento	No			Navegación	
Batería de almacenamiento	No			Navegación	
Planta de giro	Compas magnético	Si	CTD001	Anual	Navegación
			VFE001	Diario	Navegación
	Repetidores de giro	Si	PBF001	Semanal	Navegación
			VFE001	Diario	Navegación

	Registrador de rumbo	Si	VFE001	Diario	Navegación
	Girocompas	Si	ST001	Anual	Navegación
VFE001			Diario	Navegación	
Equipos de comunicaciones gmdss	INMARSAT	Si	IPC001	Anual	Comunicaciones
			PBF001	Mensual	Comunicaciones
	NAVTEX	Si	PBF001	Mensual	Comunicaciones
			VHF	Si	ST002
	DSC001	Diario			Comunicaciones
	M/HF	Si	PBF001	Mensual	Comunicaciones
	BNWAS	Si	PBF001	Mensual	Comunicaciones
	VDR	Si	VFE001	Mensual	Comunicaciones
CB001			3 años	Comunicaciones	
CB002			3 años	Comunicaciones	
Radio transmisor de bote salvavidas	EPIRB	Si	VFE001	Mensual	Comunicaciones
			PBF001	Mensual	Comunicaciones
	Radio de emergencia GMDSS	Si	PBF001	Semanal	Comunicaciones
	SSAS	No			Comunicaciones
Servomotor	Bomba hidráulica 1	No			Gobierno
	Bomba hidráulica 2	No			Gobierno
	Motor B. Hidráulica 1	No			Gobierno
	Motor B. Hidráulica 2	No			Gobierno
Bow thruster		No			Gobierno
Anclaje y equipos para el amarre	Winche del ancla br y er	No			Maniobra
	Winches	No			Maniobra
	Ancla br y er	No			Maniobra
Bombas sistema comercial	1 BR	No			Carga comercial
	1 ER	No			Carga comercial
	2 BR	No			Carga comercial
	2 ER	No			Carga comercial

	3 BR	No			Carga comercial
	3 ER	No			Carga comercial
	4 BR	No			Carga comercial
	4 ER	No			Carga comercial
	5 BR	No			Carga comercial
	5 ER	No			Carga comercial
	6 BR	No			Carga comercial
	6 ER	No			Carga comercial
	7 BR	No			Carga comercial
	7 ER	No			Carga comercial
	8 BR	No			Carga comercial
	8 ER	No			Carga comercial
	SLOP BR	No			Carga comercial
	SLOP ER	No			Carga comercial
	DEEPWELL Cargo	No			Carga comercial
Calentador de vapor sistema comercial	1 BR	No			Carga comercial
	1 ER	No			Carga comercial
	2 BR	No			Carga comercial
	2 ER	No			Carga comercial
	3 BR	No			Carga comercial
	3 ER	No			Carga comercial
	4 BR	No			Carga comercial
	4 ER	No			Carga comercial
	5 BR	No			Carga comercial
	5 ER	No			Carga comercial
	6 BR	No			Carga comercial
	6 ER	No			Carga comercial
	7 BR	No			Carga comercial
	7 ER	No			Carga comercial

	8 BR	No			Carga comercial
	8 ER	No			Carga comercial
Valvulas de los tanques de carga	1 BR	No			Carga comercial
	1 ER	No			Carga comercial
	2 BR	No			Carga comercial
	2 ER	No			Carga comercial
	3 BR	No			Carga comercial
	3 ER	No			Carga comercial
	4 BR	No			Carga comercial
	4 ER	No			Carga comercial
	5 BR	No			Carga comercial
	5 ER	No			Carga comercial
	6 BR	No			Carga comercial
	6 ER	No			Carga comercial
	7 BR	No			Carga comercial
	7 ER	No			Carga comercial
	8 BR	No			Carga comercial
	8 ER	No			Carga comercial
	SLOP BR	No			Carga comercial
	SLOP ER	No			Carga comercial
	Venteo	No			Carga comercial
	Valvulas presion-vacio (pv)		No		
Tanques de lastre	Sistema hidráulico de las válvulas de lastre	No			Carga comercial
	Sistema de medición de nivel				Carga comercial
Equipo portatil de gases		No			Carga comercial
Ullage temperature interface (uti)		No			Carga comercial

Grua de cubierta		No			Carga comercial
Mangas sistema comercial		No			Carga comercial
Defensas para abarloomiento		No			Carga comercial
Equipos criticos de carga	Detector fijo de gases	Si	INP001	6 meses	Carga comercial
	Equipo de monitoreo de deteccion de combustible (odem)	Si	ING001	6 meses	Carga comercial
Unidad 1	Piston	Si	IPA001	500-1500 horas	Propulsión
			CPS001	8000 horas	Propulsión
			RGPO01	16000 horas	Propulsión
	Camisa	Si	CLC001	8000 horas	Propulsión
			CDC001	Observacion	Propulsión
	Valvula de escape	Si	RVE001	4000 horas	Propulsión
			IAR001	16000 horas	Propulsión
			IRG001	8000 horas	Propulsión
	Culata	Si	RCD001	12000 horas	Propulsión
	Inyectores [a y b]	Si	RDI001	8000 horas	Propulsión
			PAI001	4000 horas	Propulsión
	Cruceta	Si	IMC001	4 años	Propulsión
			ICMC001	8000 horas	Propulsión
	Biela	Si	IMB002	16000 horas	Propulsión
Bomba inyeccion	Si	RBI001	16000 horas	Propulsión	
Valvula de arranque	Si	IRVA001	8000 horas	Propulsión	
Valvula de seguridad	Si	RVS001	8000 horas	Propulsión	
Unidad 2	Piston	Si	IPA001	500-1500 horas	Propulsión
			CPS001	8000 horas	Propulsión

			RGP001	16000 horas	Propulsión
	Camisa	Si	CLC001	8000 horas	Propulsión
			CDC001	Observacion	Propulsión
	Valvula de escape	Si	RVE001	4000 horas	Propulsión
			IAR001	16000 horas	Propulsión
			IRG001	8000 horas	Propulsión
	Culata	Si	RCD001	12000 horas	Propulsión
	Inyectores [a y b]	Si	RDI001	8000 horas	Propulsión
			PAI001	4000 horas	Propulsión
	Cruceta	Si	IMC001	4 años	Propulsión
			ICMC001	8000 horas	Propulsión
	Biela	Si	IMB002	16000 horas	Propulsión
Bomba inyeccion	Si	RBI001	16000 horas	Propulsión	
Valvula de arranque	Si	IRVA001	8000 horas	Propulsión	
Valvula de seguridad	Si	RVS001	8000 horas	Propulsión	
Unidad 3	Piston	Si	IPA001	500-1500 horas	Propulsión
			CPS001	8000 horas	Propulsión
			RGP001	16000 horas	Propulsión
	Camisa	Si	CLC001	8000 horas	Propulsión
			CDC001	Observacion	Propulsión
	Valvula de escape	Si	RVE001	4000 horas	Propulsión
			IAR001	16000 horas	Propulsión
			IRG001	8000 horas	Propulsión
	Culata	Si	RCD001	12000 horas	Propulsión
	Inyectores [a y b]	Si	RDI001	8000 horas	Propulsión
			PAI001	4000 horas	Propulsión
	Cruceta	Si	IMC001	4 años	Propulsión
ICMC001			8000 horas	Propulsión	

	Biela	Si	IMB002	16000 horas	Propulsión
	Bomba inyeccion	Si	RBI001	16000 horas	Propulsión
	Valvula de arranque	Si	IRVA001	8000 horas	Propulsión
	Valvula de seguridad	Si	RVS001	8000 horas	Propulsión
Unidad 4	Piston	Si	IPA001	500-1500 horas	Propulsión
			CPS001	8000 horas	Propulsión
			RGP001	16000 horas	Propulsión
	Camisa	Si	CLC001	8000 horas	Propulsión
			CDC001	Observacion	Propulsión
	Valvula de escape	Si	RVE001	4000 horas	Propulsión
			IAR001	16000 horas	Propulsión
			IRG001	8000 horas	Propulsión
	Culata	Si	RCD001	12000 horas	Propulsión
	Inyectores [a y b]	Si	RDI001	8000 horas	Propulsión
			PAI001	4000 horas	Propulsión
	Cruceta	Si	IMC001	4 años	Propulsión
			ICMC001	8000 horas	Propulsión
	Biela	Si	IMB002	16000 horas	Propulsión
Bomba inyeccion	Si	RBI001	16000 horas	Propulsión	
Valvula de arranque	Si	IRVA001	8000 horas	Propulsión	
Valvula de seguridad	Si	RVS001	8000 horas	Propulsión	
Unidad 5	Piston	Si	IPA001	500-1500 horas	Propulsión
			CPS001	8000 horas	Propulsión
			RGP001	16000 horas	Propulsión
	Camisa	Si	CLC001	8000 horas	Propulsión
			CDC001	Observacion	Propulsión
Valvula de escape	Si	RVE001	4000 horas	Propulsión	

			IAR001	16000 horas	Propulsión
			IRG001	8000 horas	Propulsión
	Culata	Si	RCD001	12000 horas	Propulsión
	Inyectores [a y b]	Si	RDI001	8000 horas	Propulsión
			PAI001	4000 horas	Propulsión
	Cruceta	Si	IMC001	4 años	Propulsión
			ICMC001	8000 horas	Propulsión
	Biela	Si	IMB002	16000 horas	Propulsión
	Bomba inyeccion	Si	RBI001	16000 horas	Propulsión
	Valvula de arranque	Si	IRVA001	8000 horas	Propulsión
Valvula de seguridad	Si	RVS001	8000 horas	Propulsión	
Unidad 6	Piston	Si	IPA001	500-1500 horas	Propulsión
			CPS001	8000 horas	Propulsión
			RGP001	16000 horas	Propulsión
	Camisa	Si	CLC001	8000 horas	Propulsión
			CDC001	Observacion	Propulsión
	Valvula de escape	Si	RVE001	4000 horas	Propulsión
			IAR001	16000 horas	Propulsión
			IRG001	8000 horas	Propulsión
	Culata	Si	RCD001	12000 horas	Propulsión
	Inyectores [a y b]	Si	RDI001	8000 horas	Propulsión
			PAI001	4000 horas	Propulsión
	Cruceta	Si	IMC001	4 años	Propulsión
			ICMC001	8000 horas	Propulsión
	Biela	Si	IMB002	16000 horas	Propulsión
	Bomba inyeccion	Si	RBI001	16000 horas	Propulsión
Valvula de arranque	Si	IRVA001	8000 horas	Propulsión	
Valvula de seguridad	Si	RVS001	8000 horas	Propulsión	

Unidad 7	Piston	Si	IPA001	500-1500 horas	Propulsión
			CPS001	8000 horas	Propulsión
			RGP001	16000 horas	Propulsión
	Camisa	Si	CLC001	8000 horas	Propulsión
			CDC001	Observacion	Propulsión
	Valvula de escape	Si	RVE001	4000 horas	Propulsión
			IAR001	16000 horas	Propulsión
			IRG001	8000 horas	Propulsión
	Culata	Si	RCD001	12000 horas	Propulsión
	Inyectores [a y b]	Si	RD1001	8000 horas	Propulsión
			PAI001	4000 horas	Propulsión
	Cruceta	Si	IMC001	4 años	Propulsión
			ICMC001	8000 horas	Propulsión
	Biela	Si	IMB002	16000 horas	Propulsión
Bomba inyeccion	Si	RBI001	16000 horas	Propulsión	
Valvula de arranque	Si	IRVA001	8000 horas	Propulsión	
Valvula de seguridad	Si	RVS001	8000 horas	Propulsión	
Maquina principal	Metal de bancada	Si	ICMB001	8000 horas	Propulsión
			IMB001	4 años	Propulsión
	Eje de cigüeñal	Si	TD001	8000 horas	Propulsión
			ICCE001	8000 horas	Propulsión
			CSCE001	4 años	Propulsión
	Eje de levas	Si	ISC001	8000 horas	Propulsión
			ICL001	16000 horas	Propulsión
	Mecanismo de control de engranaje	Si	ICT001	8000 horas	Propulsión
		Si	ACTR001	4000 horas	Propulsión
	Sistema de aire	Si	ILS001	2000 horas	Propulsión
Turbo	Si	RTB001	16000 horas	Propulsión	

		Si	LEA001	4000 horas	Propulsión
	Detector de niebla	Si	IPF001	Mensual	Propulsión
	Gobernador	Si	CA001	8000 horas	Propulsión
	Virador motor electrico	Si	IAV001	8000 horas	Propulsión
	Seguridades	Si	PA001	2000 horas	Propulsión
			IAMP001	8000 horas	Propulsión
			IAT001	8000 horas	Propulsión
Propeller	Propeller				Propulsión
	Eje propeller				Propulsión
	Cojinete tubo st				Propulsión
	Sello tubo st				Propulsión
Maquina auxiliar 1	Culata	No			Generación eléctrica
	Camisa	No			Generación eléctrica
	Piston	No			Generación eléctrica
	Biela	No			Generación eléctrica
	Metal de biela	No			Generación eléctrica
	Cigüeñal	No			Generación eléctrica
	Eje de levas	No			Generación eléctrica
	Metal de bancada	No			Generación eléctrica
	Inyector	No			Generación eléctrica
	Bomba de inyeccion	No			Generación eléctrica
	Turbo	No			Generación eléctrica
	Gobernador	No			Generación eléctrica
	Alternador	No			Generación eléctrica
	Descanso del alternador	No			Generación eléctrica
	Enfriador aire de barrido	No			Generación eléctrica
	Filtro de combustible	No			Generación eléctrica
	Filtro de aceite	No			Generación eléctrica
Filtro de aceite turbo	No			Generación eléctrica	

	Filtro centrifugo de aceite	No			Generación eléctrica
	Bomba pre-lubricadora	No			Generación eléctrica
	Bomba acoplada de agua de refrigeracion	No			Generación eléctrica
	Valvula termostatica de aceite	No			Generación eléctrica
	Arrancador	No			Generación eléctrica
	Filtro de aire	No			Generación eléctrica
	Prueba de seguridades	No			Generación eléctrica
	Valvulas solenoides	No			Generación eléctrica
Maquina auxiliar 2	Culata	No			Generación eléctrica
	Camisa	No			Generación eléctrica
	Piston	No			Generación eléctrica
	Biela	No			Generación eléctrica
	Metal de biela	No			Generación eléctrica
	Cigüeñal	No			Generación eléctrica
	Eje de levas	No			Generación eléctrica
	Metal de bancada	No			Generación eléctrica
	Inyector	No			Generación eléctrica
	Bomba de inyeccion	No			Generación eléctrica
	Turbo	No			Generación eléctrica
	Gobernador	No			Generación eléctrica
	Alternador	No			Generación eléctrica
	Descanso del alternador	No			Generación eléctrica
	Enfriador aire de barrido	No			Generación eléctrica
	Filtro de combustible	No			Generación eléctrica
	Filtro de aceite	No			Generación eléctrica
	Filtro de aceite turbo	No			Generación eléctrica
	Filtro centrifugo de aceite	No			Generación eléctrica
	Bomba pre-lubricadora	No			Generación eléctrica

	Bomba acoplada de agua de refrigeracion	No			Generación eléctrica
	Valvula termostatica de aceite	No			Generación eléctrica
	Arrancador	No			Generación eléctrica
	Filtro de aire	No			Generación eléctrica
	Prueba de seguridades	No			Generación eléctrica
	Valvulas solenoides	No			Generación eléctrica
Maquina auxiliar 3	Culata	No			Generación eléctrica
	Camisa	No			Generación eléctrica
	Piston	No			Generación eléctrica
	Biela	No			Generación eléctrica
	Metal de biela	No			Generación eléctrica
	Cigüeñal	No			Generación eléctrica
	Eje de levas	No			Generación eléctrica
	Metal de bancada	No			Generación eléctrica
	Inyector	No			Generación eléctrica
	Bomba de inyeccion	No			Generación eléctrica
	Turbo	No			Generación eléctrica
	Gobernador	No			Generación eléctrica
	Alternador	No			Generación eléctrica
	Descanso del alternador	No			Generación eléctrica
	Enfriador aire de barrido	No			Generación eléctrica
	Filtro de combustible	No			Generación eléctrica
	Filtro de aceite	No			Generación eléctrica
	Filtro de aceite turbo	No			Generación eléctrica
	Filtro centrifugo de aceite	No			Generación eléctrica
	Bomba pre-lubricadora	No			Generación eléctrica
	Bomba acoplada de agua de refrigeracion	No			Generación eléctrica

	Valvula termostatica de aceite	No			Generación eléctrica
	Arrancador	No			Generación eléctrica
	Filtro de aire	No			Generación eléctrica
	Prueba de seguridades	No			Generación eléctrica
	Valvulas solenoides	No			Generación eléctrica
Máquina auxiliar de emergencia	Máquina auxiliar	Si	RGMA001	6000 horas	Generación eléctrica
		Si	ITCT001	250 horas	Generación eléctrica
		Si	CA001	250 horas	Generación eléctrica
		Si	CFA001	250 horas	Generación eléctrica
		Si	CV001	500 horas	Generación eléctrica
		Si	CFC001	1000 horas	Generación eléctrica
		Si	IDAE001	1000 horas	Generación eléctrica
		Si	IRA001	1500 horas	Generación eléctrica
		Si	PAI001	3000 horas	Generación eléctrica
	Alternador	Si	ILA001	2 años	Generación eléctrica
	Baterias de emergencia	Si	CB001	2 años	Generación eléctrica
Si		IB001	Mensual	Generación eléctrica	
Sea connections [hull]	Sw connection er suction port	No			Sistemas auxiliares
	Sw connection er suction stbd	No			Sistemas auxiliares
	Sw connection ballast pump suction port	No			Sistemas auxiliares
	Sw connection ballast pump suction stbd	No			Sistemas auxiliares
Bilge [hull]	Pump room bilge	No			Sistemas auxiliares
	Bow thruster	No			Sistemas auxiliares
External cathodic protection [hull]	Cathodic protection	No			Sistemas auxiliares

Sistema frigorifico	Camara frigorifica de carnes	No			Sistemas auxiliares
	Camara frigorica de vegetales	No			Sistemas auxiliares
	Ventilador camara frigorifica carne	No			Sistemas auxiliares
	Ventilador camara frigorifica vegetales	No			Sistemas auxiliares
	Compresor frigorifico	No			Sistemas auxiliares
	Planta de provision	No			Sistemas auxiliares
Aire acondicionado	A/c consola de maquinas	No			Sistemas auxiliares
	A/c acomodacion (planta 1 y 2)	No			Sistemas auxiliares
Ventilacion	Ventilador br	No			Sistemas auxiliares
	Ventilador er	No			Sistemas auxiliares
	Extractor br	No			Sistemas auxiliares
	Extractor er	No			Sistemas auxiliares
	Ventilador cuarto servomotor	No			Sistemas auxiliares
Sistema agua domestica de consumo	Calentador electrico agua de consumo	No			Sistemas auxiliares
	Hidroforo	No			Sistemas auxiliares
	Bombas de agua domestica ( 1 y 2)	No			Sistemas auxiliares
	Bomba de agua caliente de consumo	No			Sistemas auxiliares
Sistema de agua dulce	Hidroforo	No			Sistemas auxiliares
	Bombas de agua dulce ( 1 y 2)	No			Sistemas auxiliares
Sistema de agua sanitaria	Hidroforo	No			Sistemas auxiliares
	Bomba de agua sanitaria	No			Sistemas auxiliares
Planta sewage	Bomba sewage	No			Sistemas auxiliares

	Compresor de aire (blower)	No			Sistemas auxiliares
Planta calderas	Caldera auxiliar	No			Sistemas auxiliares
					Sistemas auxiliares
Separador de aguas oleosas (15 ppm)		Si	RC001	30 meses	Sistemas auxiliares
			LF001	Anual	Sistemas auxiliares
			IVC001	6 meses	Sistemas auxiliares
Purificadores	Purificador f.o	No			Sistemas auxiliares
	Purificador d.o	No			Sistemas auxiliares
	Purificador l.o	No			Sistemas auxiliares
Compresores	Compresor de aire principal	No			Sistemas auxiliares
	Compresor de aire de emergencia	No			Sistemas auxiliares
Economizador gas de escape		No			Sistemas auxiliares
Incinerador aceite residual		No			Sistemas auxiliares
Evaporadora		No			Sistemas auxiliares
Enfriadores	Aceite (main engine)	No			Sistemas auxiliares
	Agua (main engine)	No			Sistemas auxiliares
	Agua (aux)	No			Sistemas auxiliares
Contra incendio	Sistema de co2	No			Seguridad y salvamento
	Sistema fijo de espuma	No			Seguridad y salvamento
	Estacion de pqs	No			Seguridad y salvamento
	Equipo de respiracion de escape rapido (eba)	No			Seguridad y salvamento
	Compresor de botellas de aire de respiracion	No			Seguridad y salvamento

	Extintores co2	No	VFE001	Mensual	Seguridad y salvamento
	Extintores espuma	No	VFE001	Mensual	Seguridad y salvamento
	Extintores pqs	No	VFE001	Mensual	Seguridad y salvamento
	Detector fijo de incendios	Si	IF001	Semanal	Seguridad y salvamento
	Bomba contra incendio principal	Si	VFE001	Semanal	Seguridad y salvamento
	Bomba contra incendio de emergencia	Si	ER001	3 meses	Seguridad y salvamento
			IR001	8000 horas	Seguridad y salvamento
			ISM001	8000 horas	Seguridad y salvamento
			CSM001	20000 horas	Seguridad y salvamento
			IE001	8000 horas	Seguridad y salvamento
			IIP001	8000 horas	Seguridad y salvamento
			IAPA001	8000 horas	Seguridad y salvamento
			VFE001	Semanal	Seguridad y salvamento
Salvamento y seguridad	Motor bote salvavidas (br y er)	Si	CA001	Anual	Seguridad y salvamento
			CV001	Anual	Seguridad y salvamento

			IBI001	5 años	Seguridad y salvamento
			PMCI001	Semanal	Seguridad y salvamento
	Señales de emergencia (bote br y er)	No	CHB001	Semanal	Seguridad y salvamento
	Equipos de supervivencia (bote br y er)				Seguridad y salvamento
	Balsas salvavidas (proa, br y er)	No	VEF001	Semanal	Seguridad y salvamento
	Chalecos salvavidas	No			Seguridad y salvamento
	Aros salvavidas	No			Seguridad y salvamento
	Trajes inmersión	No			Seguridad y salvamento
	Resucitador	No			Seguridad y salvamento
	Lava ojos	No			Seguridad y salvamento

### Apéndice B. Gestión de repuestos

	Descripción del Equipo		Repuestos minimos	Número de parte	Min Cant. Req.
1	Máquina Principal		Pistón	90201-105	1 PCE
			Anillos de Pistón No.1,2,3,4	90201-105-060, 72, 84, 96	1 SET
			Camisa	90302-98-274	1 PCE
			Válvula de escape	90801-117	1 PCE
			Culata completa	90101-80	1 PCE
			Inyector	90910-75	4 PCE
			Cojinete de cigüeñal	90401-88-318	1 PCE
			X- head Brg upper & lower	90401-88-379& -414	1 PCE
			Main bearing upper shell	91210-89-194	1 PCE
			Main bearing lower shell	91210-89-216	1 PCE
			Thrust bearing	90505-69-230	1 SET
					Bomba de inyección completa
2	Servomotor		FILTER CARTRIDGE	FR12-020P	2 PCE
			Fusibles	1 A, 3 A, 5 A, 10 A	1 SET
3	Generador de emergencia		Filtro de aceite	401174421	1 PCE
			Filtro de combustible	401174423	1 PCE
			Tobera		1PCE
			Faja para ventilador	401180448	1 PCE
4	Bomba contra incendios de emergencia		Sello mecánico	520	1 SET
			Fusibles	AC 500 DC 250, 10A=2, 5A=1,1A=1	1 SET
			Rodamientos de motor	6311ZZC3 & 6310ZZC3	1 SET
5	Sistema fijo de espuma	Bomba de agua de mar del sistema	Sello mecánico	520	1 set
			CASING RING	020	1 set
			CASING RING	021	1 set

			Rodamiento (6312 C3)	201	1 set
		LIQUID FOAM PUMP	Fusibles	AC 500 DC 250, 10A=2,1A=1	1 SET
6	Sistema de detección de fuego		Detector de humo	FD-8311	1 PCE
			Fusibles	3A=3, 2A=2,3A=2	1 SET
7	Compresor de aire de emergencia	Juego completo de anillos 3 piezas		190021-22150 190650-22100 190650-22201	1 SET
					1 SET
					1 SET
		Juego de válvulas LP/HP	190650-11100 190650-71100	1 SET	
					1 SET
8	Ventilación del cuarto de bombas		Motor eléctrico	440 V, 60 Hz, 6 POLES, 15 KW, RPM 1170	1 SET
9	Sistema del Gyro		Fusibles	250V, 2A, 250V 0.5A	1SET
			Fusibles	125V, 1A	1 SET
			Micro Switch	93019013	1 SET
			Fusibles	250V-12A, 6.3A,	1 SET
			Fusibles	125V-20A, 1A,	1 SET
			Fusibles	250V-3A, 5A, 8A,	1 SET
10	Separador de aguas oleosas 15 PPM	Separador de aguas oleosas 15 PPM	SHEET PACKING ( 1 )	t = 3, PG9Z34003	1 PCE
			CELLO LITE FUSE	NCO 3A , LU1030004	1 PCE
			COALESCER FILTER		1 PCE
			SEAL RING ( RUBBER )		2PCE
		Bomba de la unidad OWS	GLAND PACKING	501	4 PCS
			BUCKET RING	502	2PCS
			Resorte valv seguridad	503	1PCE
			asiento de resorte	504	1PCE

		valvula	505	1PCE
		Asiento de valvula	506	1PCE
		Resorte valv seguridad	507	1PCE
		Faja	508	1PCE
		Anillo de desgaste	509	2 PCS
11	Nivel de tanques de carga	H/L sensor probe	MIA-M13118	1PCE

### Apéndice C. Presupuesto global destinado a la embarcación

B/T ADRIAN					
Code	Description	Status	Budgeted (USD)	Committed (USD)	Warning
910.10.1	Remuneraciones	Issued	561,839.63	86,595.83	15.4
910.10.2	Estadía	Issued	9,240.03	0.00	0
910.10.3	Certificado MLC	Issued	2,800.00	0.00	0
910.10.4	Capacitaciones	Issued	3,058.78	3,509.66	114.7
910.10.5	Viveres	Issued	68,255.00	43,865.52	64.3
910.10.6	Vestuario	Issued	4,644.64	1,872.66	40.3
910.10.7	Seguridad y prevision social	Issued	1,519.00	3,798.16	250
910.10.8	Beneficios sociales	Issued	199,072.44	0.00	0
910.10.9	Seguros y exámenes	Issued	16,185.52	15,212.03	94
910.11.0	Gastos por viajes y traslado	Issued	0.00	0.00	0
910.11.1	Utiles de aseo	Issued	10,000.00	6,412.11	64.1
910.11.2	Entretenimiento -servicios	Issued	3,500.00	0.00	0
920.20.1	Cubierta	Issued	38,000.00	33,017.03	86.9
920.20.2	Ingenieria	Issued	25,000.00	7,783.32	31.1
920.20.3	Alojamiento y cocina	Issued	8,000.00	4,048.63	50.6
920.20.4	Utiles de escritorio	Issued	2,400.00	1,230.71	51.3
920.20.5	Pinturas y quimicos	Issued	25,000.00	10,757.02	43

920.20.6	Carga comercial	Issued	3,000.00	12,985.15	432.8
920.20.7	Seguridad	Issued	10,000.00	1,326.40	13.3
920.20.8	Publicaciones nauticas	Issued	5,100.00	459.95	9
920.20.9	Electricos	Issued	7,000.00	5,326.69	76.1
920.21.0	Gases industriales	Issued	4,000.00	1,761.08	44
921.30.1	Lubricantes maquina principal	Issued	12,000.00	0.00	0
921.30.2	Lubricantes grupos electrogenos	Issued	14,148.00	8,420.80	59.5
921.30.3	Otros lubricantes	Issued	8,000.00	0.00	0
921.30.4	Grasas	Issued	500.00	0.00	0
922.40.1	Sistema de propulsion	Issued	5,000.00	110.40	2.2
922.40.2	Sistema de generacion electrica	Issued	25,000.00	3,625.80	14.5
922.40.3	Sistema de generacion de vapor	Issued	4,000.00	2,595.91	64.9
922.40.4	Sistema de carga comercial	Issued	20,000.00	0.00	0
922.40.5	Equipos auxiliares	Issued	8,000.00	868.80	10.9
922.40.6	Equipos de cubierta	Issued	10,000.00	11,769.03	117.7
922.40.7	Equipos de navegacion y comunicaciones	Issued	3,000.00	590.00	19.7
922.40.8	Equipos de proteccion medio ambiental	Issued	3,500.00	0.00	0
922.40.9	Sistema contra incendios	Issued	2,500.00	0.00	0
922.41.0	Sistema de seguridad	Issued	6,000.00	0.00	0
930.50.1	Sistemas de propulsion	Issued	10,000.00	350.00	3.5
930.50.2	Sistemas de generacion electrica	Issued	20,000.00	16,543.27	82.7
930.50.3	Sistemas de generacion de vapor	Issued	4,000.00	16,390.60	409.8
930.50.4	Sistema de carga comercial	Issued	12,000.00	3,270.00	27.3
930.50.5	Equipos auxiliares	Issued	8,000.00	7,443.01	93
930.50.6	Equipos de cubierta	Issued	9,000.00	16,900.00	187.8
930.50.7	Equipos de navegacion y comunicaciones	Issued	8,000.00	3,150.00	39.4
930.50.8	Equipos de proteccion medio ambiental	Issued	2,500.00	0.00	0

930.50.9	Sistema contra incendios	Issued	0.00	0.00	0
930.51.0	Sistema de seguridad	Issued	0.00	1,120.00	0
931.60.1	Inspecciones internas de la empresa	Issued	0.00	0.00	0
931.60.2	Inspecciones y certificados de clase	Issued	25,000.00	26,524.00	106.1
931.60.3	Inspecciones y certificados de seguridad	Issued	10,025.00	8,370.88	83.5
931.60.4	Inspecciones y certificados de sistemas de calidad	Issued	0.00	426.67	0
931.60.5	Inspecciones y certificados de navegacion y comunicaciones	Issued	0.00	4,195.71	0
931.60.6	Inspecciones y certificados de proteccion medio ambiental	Issued	0.00	3,963.97	0
931.60.7	Inspecciones, certificados y licencias de la administracion local	Issued	0.00	3,332.00	0
932.70.1	Trabajos de carena	Issued	0.00	342,945.76	0
932.70.2	Provision para dique seco	Issued	450,000.00	47,997.58	10.7
933.80.1	Casco y maquinas (H&M)	Issued	0.00	0.00	0
933.80.2	Proteccion e indemnizacion (P&I)	Issued	0.00	70,132.91	0
933.80.3	Otros seguros	Issued	0.00	0.00	0
934.90.1	Management fee	Issued	0.00	0.00	0
934.90.2	Arrendamiento	Issued	0.00	0.00	0
935.10.1	Agente protector	Issued	6,000.00	4,000.00	66.7
935.10.2	Lanchas para transporte de personal	Issued	28,000.00	19,316.66	69
935.10.3	Remocion de lodos	Issued	1,600.00	8,500.00	531.3
935.10.4	Analisis de combustibles	Issued	1,640.00	2,410.00	147
935.10.5	Agua dulce	Issued	26,800.00	18,427.16	68.8
935.10.6	Recojo de basura	Issued	7,500.00	3,720.28	49.6
935.10.7	Medicinas	Issued	1,200.00	786.52	65.5
935.10.8	Comunicaciones-internet telefono	Issued	2,300.00	1,455.05	63.3
935.10.9	Otros servicios	Issued	52,410.00	24,828.92	47.4

941.10.1	Equipos nuevos de reemplazo	Issued	15,000.00	4,347.10	29
941.10.2	Equipos nuevos adicionales	Issued	0.00	18,120.00	0
941.10.3	Cambio de planchas del casco	Issued	0.00	0.00	0
941.10.4	Modificaciones estructurales	Issued	0.00	0.00	0
941.10.5	Otros gastos de innovaciones	Issued	0.00	0.00	0
951.20.1	Gastos de agencia	Issued	0.00	155.37	0
951.20.2	Gastos portuarios	Issued	0.00	0.00	0
951.20.3	Remolcadores	Issued	0.00	0.00	0
951.20.4	Practicos	Issued	0.00	0.00	0
951.20.5	Abarloamientos	Issued	0.00	0.00	0
951.20.6	Combustible MGO	Issued	0.00	0.00	0
951.20.7	Combustible IFO	Issued	0.00	0.00	0
951.20.8	Lanchas	Issued	0.00	0.00	0
951.20.9	Inspectores (surveyors)	Issued	0.00	213.33	0
999.99.	Impuesto general a las ventas	Issued	0.00	63,413.17	0
			1,830,238.04	1,010,692.61	55.22