

PROYECTO DE MEJORA EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA BARCAZA ALJIBE “SANTA CRUZ”

Grado en Tecnologías Marinas

Universidad de La Laguna

Tutor:
Antonio M. González Marrero

Joel García Rodríguez

Índice

1. Introducción.....	8
2. Objetivos	9
3. Metodología.....	10
4. Antecedentes históricos	11
4.1. Terminología	11
5. Características del buque.....	13
5.1. Esquema del buque	17
5.2. Plano de formas	18
5.3. Sala de máquinas	19
5.4. Plano del sistema de bombeo	25
5.5. Inventario del equipo y de las instalaciones.....	27
6. Concepto de mantenimiento.....	36
6.1. Tipos de mantenimiento existentes.....	36
6.2. Modelos de mantenimiento	37
6.3. Normativa referente al mantenimiento	38
6.4. Tipos de mantenimiento centrados en un sistema de bombeo	40
6.4.1. Mantenimiento predictivo	40
6.4.2. Mantenimiento preventivo	40
6.4.3. Mantenimiento correctivo	41
6.5. Elaboración de un plan de mantenimiento	42
6.6. Aplicación de un programa de mantenimiento	44
6.7. Identificación de problemas	45
6.7.1. Inspección sensorial (visual, táctil, auditiva, olfativa).....	46
6.7.2. Análisis del sistema hidráulico	47
6.7.3. Análisis de temperaturas	48
7. Mantenimiento actual	50
7.1. Plan de mantenimiento actual	50
7.2. Personal de mantenimiento	51
7.3. Presupuesto actual	52
8. Innovaciones en los planes de mantenimiento: los GMAO	53
8.1. Módulos que se encuentran dentro de un GMAO.....	53

8.2. Funciones principales del GMAO.....	55
8.3. Beneficios de los programas GMAO.....	55
8.4. Software utilizado para realizar el plan de mantenimiento: RENOVEFREE	56
8.5. Mantenimiento realizado a la bomba de agua	64
9. Mejoras en el plan de mantenimiento del sistema de bombeo del aljibe.....	67
9.1. Tareas predictivas a implantar en el plan de mantenimiento del aljibe ..	68
9.1.1. Mantenimiento predictivo al transformador	68
9.1.2. Mantenimiento predictivo del motor	73
9.1.3. Mantenimiento predictivo de la bomba	77
9.1.4. Mantenimiento predictivo al conjunto de tuberías.....	79
9.1.5. Mantenimiento predictivo de válvulas	81
9.2. Tareas preventivas a implantar en el plan de mantenimiento del aljibe .	82
9.2.1. Mantenimiento preventivo al transformador.....	82
9.2.2. Mantenimiento preventivo al motor.....	84
9.2.3. Mantenimiento preventivo de las bombas.....	87
9.2.4. Mantenimiento preventivo al conjunto de tuberías.....	90
9.2.5. Mantenimiento preventivo de válvulas	92
10. Conclusiones.....	95
ANEXOS	96
Anexo I: Instrumentación necesaria para el mantenimiento.....	97
Analizador de vibraciones	97
Cámara termográfica	102
11. Bibliografía	105

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Motor Diésel (Directindustry, 2016).....	13
Ilustración 2: Conjunto de bombas del aljibe con sus respectivos motores diésel	16
Ilustración 3: Línea contra incendios	17
Ilustración 4: Conjunto de válvulas de cubierta	17
Ilustración 5: Esquema del aljibe (A.P.M.E. Clavileño, 2016).....	18
Ilustración 6: Plano de formas del aljibe (A.P.M.E. Clavileño, 2016).....	19
Ilustración 7: Medidor de profundidad de un de los tanques	19
Ilustración 8: Válvulas de compuerta de los tanques 3 y 4.....	20
Ilustración 9: Cuadro eléctrico	20
Ilustración 10: Bomba impulsora de combustible	21
Ilustración 11: Tanque N° 2 de combustible	21
Ilustración 12: Tanque N° 1 de combustible	22
Ilustración 13: Cuadro de funcionamiento de bombas y generador	22
Ilustración 14: Tren de descarga	23
Ilustración 15: Tren de descarga de la bomba N° 1	23
Ilustración 16: Generador de emergencia	24
Ilustración 17: Plano del sistema de bombeo (Planta baja).....	25
Ilustración 18: Plano del sistema de bombeo (cubierta).....	26
Ilustración 19: Bomba dinámica de agua (Bombas Caprari, S.A. , 2016).....	28
Ilustración 20: Curva característica de la bomba (Bombas Caprari, S.A. , 2016)	29
Ilustración 21: Válvula de palanca manual (GENEBRE, 2016)	31
Ilustración 22: Curva presión - temperatura de la válvula de palanca (GENEBRE, 2016)	32
Ilustración 23: Válvula de compuerta (GGC VALVES, 2013)	34
Ilustración 24: Especificaciones técnicas de una válvula de compuerta (GGC VALVES, 2013)	34
Ilustración 25: Diagrama de flujo de un programa GMAO (C.Rodríguez, 2015)	55
Ilustración 26: Configuración inicial del GMAO	57
Ilustración 27: Estructura jerárquica por funciones.....	58

Ilustración 28: Mantenimiento programado a un sistema	59
Ilustración 29: Protocolos de mantenimiento.....	60
Ilustración 30: Plan de mantenimiento	61
Ilustración 31: Plantillas de seguridad	62
Ilustración 32: Especificación de una orden de trabajo	63
Ilustración 33: Tareas de mantenimiento	64
Ilustración 34: Comprobación de parámetros eléctricos en un transformador (Codensa S.A., 2016).....	70
Ilustración 35: Análisis de aceite dieléctrico (Rymel, 2016).....	71
Ilustración 36: Visión termográfica de un radiador (Unavarra, 2016)	73
Ilustración 37: Espectro dado por un analizador de vibraciones (scielo.sld, 2016)	75
Ilustración 38: Visión termográfica de un motor eléctrico (latermografia.com, 2016)	77
Ilustración 39: Situación de diferentes partes de una bomba (Unad, 2016)	87
Ilustración 40: Analizador de vibraciones (Fluke, 2016)	101
Ilustración 41: Cámara termográfica (Termografia Aplicada, S.L, 2016).....	103

Índice de tablas

Tabla 1: Características motor diésel (Directindustry, 2016).....	14
Tabla 2: Datos técnicos de las válvulas de accionamiento positivo (SAMSON S.A., s.f.).....	15
Tabla 3: Características de la bomba.....	29
Tabla 4: Especificaciones técnicas de la válvula accionada por palanca (GENEBRE, 2016)	31
Tabla 5: Especificaciones técnicas de la válvula de globo (TLV, 2016)	33
Tabla 6: Dimensionado de la válvula de globo (TLV, 2016)	33
Tabla 7: Fichas para verificar el mantenimiento de los componentes (Garrido, 2009)	43
Tabla 8: Ficha para llevar un control del programa de mantenimiento (Garrido, 2009)	44
Tabla 9: Ficha a cumplimentar sobre las posibles observaciones y las horas trabajadas (Garrido, 2009)	45
Tabla 10: Presupuesto del mantenimiento aplicado a la bomba de agua	66
Tabla 11: Tabla general del análisis de medidas del transformador	69
Tabla 12: Precios de los análisis del aceite (Codensa S.A., 2016)	71
Tabla 13: Tabla general del análisis del aceite dieléctrico	72
Tabla 14: Tabla general del análisis termográfico del transformador	73
Tabla 15: Tabla general de análisis y mediciones de parámetros eléctricos....	74
Tabla 16: Tabla general de análisis de vibraciones mecánicas del motor.....	76
Tabla 17: Tabla general de análisis termográfico del motor.....	77
Tabla 18: Tabla general de la medición de presión y gasto de la bomba.....	78
Tabla 19: Tabla general de revisión del prensaestopa.....	78
Tabla 20: Tabla general de análisis de vibraciones mecánicas en la bomba... 79	
Tabla 21: Tabla general de análisis de vibraciones mecánicas en el conjunto de tuberías	80
Tabla 22: Tabla general de inspección visual de válvulas.....	81
Tabla 23: Tabla general de análisis de vibraciones mecánicas en las válvulas	82
Tabla 24: Tabla general de limpieza del transformador	82
Tabla 25: Tabla general de limpieza del equipo	83

Tabla 26: Purificado y filtrado del aceite dieléctrico.....	84
Tabla 27: Tabla general de la limpieza del motor.....	85
Tabla 28: Tabla general de la lubricación de los rodamientos del motor.....	86
Tabla 29: Tabla general de ajuste de tapas	87
Tabla 30: Tabla general de cambio de prensaestopa	88
Tabla 31: Tabla general de lubricación de cojinetes	89
Tabla 32: Tabla general de lubricación del eje de transmisión.....	90
Tabla 33: Tabla general de la revisión del conjunto de tuberías	90
Tabla 34: Tabla general de limpieza y pintura.....	91
Tabla 35: Tabla general de cambios de empaquetaduras	92
Tabla 36: Tabla general de lubricación de válvulas.....	92
Tabla 37: Tabla general de limpieza del cuerpo de válvulas.....	93
Tabla 38: Mejoras en el plan de mantenimiento.....	94
Tabla 39: Especificaciones del analizador de vibraciones (Fluke, 2016)	99
Tabla 40: Especificaciones del sensor (Fluke, 2016)	99
Tabla 41: Unidades de amplitud (Fluke, 2016).....	99
Tabla 42: Termómetro por infrarrojos (Fluke, 2016).....	99
Tabla 43: Sensor externo (Fluke, 2016).....	100
Tabla 44: Firmware del analizador de vibraciones (Fluke, 2016).....	100
Tabla 45: Emisión irradiada (Fluke, 2016).....	100
Tabla 46: Condiciones ambientales (Fluke, 2016)	100
Tabla 47: Especificaciones generales (Fluke, 2016).....	101
Tabla 48: Especificaciones técnicas de la cámara termográfica (Termografía Aplicada, S.L, 2016)	103

1. Introducción

Este proyecto, cuya finalidad es la mejora en el plan de mantenimiento del sistema de bombeo del aljibe “Santa Cruz de Tenerife”, se realiza como consecuencia del déficit en el plan de mantenimiento actual en el cual no se toma en cuenta diferentes aspectos introducidos en muchos planes de mantenimiento actuales como son las medidas tanto preventivas como predictivas. Por ello, el proyecto consta de tres puntos principales:

1. Estudio del modelo o plan de mantenimiento que se realiza en la actualidad (tareas de mantenimiento correctivas, frecuencia, coste y personal destinado a la realización de las mismas). A su vez, se especifica datos importantes del aljibe como son los planos de formas, esquemas del sistema de bombeo o la especificación de cada uno de los componentes que se encuentran en la sala de máquinas.
2. Análisis de los tipos de mantenimiento existentes y todas las medidas llevadas a cabo a cada uno de los componentes. En este apartado se señala una serie de medidas a aplicar en el aljibe para mejorar el plan de mantenimiento existente, las cuales se realizan por medio de dos herramientas esenciales como son las cámaras termográficas y los analizadores de vibraciones. En este punto viene detallado, a su vez, el coste de cada uno de los instrumentos de medida y la importancia de ellos en la aplicación del mantenimiento tanto preventivo como predictivo.
3. Aplicación de las mejoras en el plan de mantenimiento actual por medio de un software de gestión por ordenador, en el cual quedará establecido cada una de las tareas implantadas en el nuevo plan de mantenimiento con sus correspondientes indicadores (frecuencia, coste y personal destinado a cada una de las tareas).

2. Objetivos

Este proyecto tiene como objetivos los siguientes puntos:

- Conocer las características principales de la barcaza.
- Conocer el plan de mantenimiento actual.
- Ampliar conocimientos acerca de los tipos de mantenimiento existentes y los planes de mantenimiento llevados a cabo en sistemas de bombeo tipo.
- Conocer las medidas, tanto correctivas como preventivas y predictivas, que se pueden realizar a cada uno de los componentes que forman un sistema de bombeo tipo.
- Aplicar mejoras en el plan de mantenimiento actual del aljibe para optimizar, tanto a nivel económico como a nivel de eficiencia, la funcionalidad del mismo.
- Conocer instrumentación específica y necesaria para llevar a cabo las tareas de mantenimiento implantadas en el plan de mantenimiento.
- Conocer e implementar software de gestión asistida por ordenador para realizar el plan de mantenimiento del aljibe.

3. Metodología

La metodología llevada a cabo a la hora de realizar el proyecto comienza con una serie de visitas al aljibe “Santa Cruz” bajo la supervisión del encargado mantenimiento. En esas visitas se verifican cada uno de los componentes que forman el sistema de bombeo y el mantenimiento que se le realiza a cada uno de ellos.

Recogida de datos de diferentes fuentes y estudio comparativo con el plan de mantenimiento actual de la barcaza.

Analizar posibles mejoras a implantar, estudiando y evaluando diferentes variables como son la cuantía económica, tanto del personal encargado del mantenimiento como de la utilización de instrumentación más sofisticada, o la optimización del tiempo de funcionamiento del aljibe, centrado en evitar posibles averías que ocasionen grandes paradas de la barcaza.

Por último, se llevará a cabo una simulación del plan de mantenimiento a implantar en el aljibe por medio de un programa GMAO, de acuerdo con las dos variables anteriormente nombradas.

4. Antecedentes históricos

El servicio de aguada ha sufrido una serie de cambios a lo largo de la historia, desde el siglo XVI hasta la actualidad. Cambios importantes, como son el pago de las aguadas o la canalización del agua para su suministro, se han podido apreciar con el transcurso de los años.

En sus inicios, este servicio escaseaba debido a la poca cantidad de agua proveniente de los pozos y a las deficiencias encontradas en los materiales con las que se construían los conductos para su traspaso. A su vez, es importante destacar que era un servicio gratuito. Esta serie de problemas se fueron solucionando con el paso de los años con métodos como aprovechar el agua proveniente de los manantiales o recurriendo a materiales más duraderos para la realización de las atarjeas como son el barro cocido. ¹

Una vez instauradas esta serie de mejoras, en el año 1830, se empezaron a realizar las primeras canalizaciones centradas en abastecer al sector marítimo y se llevaron a cabo los primeros suministros de agua a otros buques por medio de tres barcazas aljibes: Tulsa, Dorotea y Alicia. En este tiempo, el servicio de aguada era de carácter privado y se regía por tres empresas como son Ghirlanda, Curnella y Hamilton.

En la actualidad, el servicio de aguada se rige de manera un tanto diferente a como se hacía en el siglo XVI. En primer lugar, está regido por la Autoridad Portuaria, la cual dispone de dos tanques para el abastecimiento de las diferentes barcazas aljibes que se encuentran en Tenerife, entre los cuales se encuentra el aljibe “Santa Cruz”. A su vez, como soporte de ayuda en caso de necesitar un mayor volumen de agua se encuentra la desalinizadora, la cual produce diariamente hasta 18.400 metros cúbicos de agua.²

4.1. Terminología

El aljibe, en sus inicios en tierra, fue un recurso arquitectónico para almacenar agua, por lo general agua potable. El modelo tradicional es árabe y consiste en

¹ (Ledesma, 2012)

² (Ledesma, 2012)

un recipiente total o parcialmente subterráneo, construido o labrado y cubierto por una bóveda de cañón o ligeramente apuntada o en cúpula de casquete, hecha de ladrillo. El agua acumulada solía proceder de la lluvia recogida de los tejados de las casas o de las acogidas del entorno canalizadas hasta él. Se empezó a construir en un primer momento con ladrillos unidos con argamasa, con las paredes internas recubiertas de una mezcla de cal, arena, óxido de hierro, arcilla roja y resina de lentisco, para impedir filtraciones y la putrefacción del agua que contiene. Los modernos aljibes son con mayor frecuencia de hormigón y, en algunos casos, de azulejo u otro revestimiento cerámico.³

Posteriormente se empezó a llevar a cabo el término aljibe a la mar, especialmente a aquellos barcos o barcazas encargadas de suministrar el agua a otros buques o como disposición dentro del puerto. Uno de los aljibes más antiguos que se pueden encontrar en Tenerife es el aljibe “Santa Cruz”, el cual es el centro del estudio a la hora de realizar el proyecto.⁴

³ (Wikipedia, 2016)

⁴ (Wikipedia, 2016)

5. Características del buque

El aljibe “Santa Cruz” es un buque de suministro de agua tanto a barcos dentro del puerto como barcos situados a cierta distancia de la costa. Es un buque de 30 metros de eslora y 3.5 metros de manga. En su interior puede almacenar, en sus 6 tanques de 60 toneladas de capacidad, 360 toneladas (400 toneladas máximo) de agua potable. La carga y descarga de esta agua se realiza por medio de mangueras, las cuales se encuentran en un pañol en la cubierta del aljibe. Para la descarga consta, en la cubierta, de un piano de válvulas manuales, las cuales se utilizan para abrir o cerrar el paso del fluido desde los tanques hasta la manguera (estando abierta la correspondiente válvula del tanque en la planta baja del buque).

Con respecto al sistema de propulsión del buque, el buque consta de un motor de combustión interna de 8 pistones en V. Se encuentra situado en la cubierta del aljibe, específicamente, en la popa del buque.



Ilustración 1: Motor Diésel (Directindustry, 2016)

Cilindros y dimensionamiento	8 cilindros a 90° en V
Modo de operación	4 Tiempos Diésel, enfriado por agua
Turbocompresor	Se utilizan los ases de escape del enfriador, y se regula la presión de los mismos
Potencia	170 – 1093 kW
Número de válvulas	4 Válvulas por cilindro
Sistema de fuel	Rampa común directa de inyección y control electrónico
Lubricación	Sistema cerrado de alimentación forzada, enfriamiento de aceite y filtrado.
Control de gases de escape	IMO nivel 2, RCD 94/25/EC, EPA nivel 2, SAV/BSO, 97/68/EC
Tipo de fuel	DIN EN 590

Tabla 1: Características motor diésel (Directindustry, 2016)

Posee un generador de emergencia situado en la planta baja del buque, el cual se usa en aquellas ocasiones en las que el buque se encuentre parado y sea necesario ponerlo en marcha. (Véase *ilustración 16 en pág. 24*).

El sistema de bombeo dispone de dos bombas de accionamiento positivo de circulación de agua acopladas, cada una, a un motor diésel, al igual que una válvula de compuerta de apertura y cierre manual para cada uno de los 6 tanques. (Véase *ilustración 8 en pág. 20*).

Tipo		3273-1	3273-2
Carrera nominal	mm	15/30	
Carrera máx.	mm	23/38	
Fuerza máx.	kN	18	32
Fuerza manual necesaria	N	230	300
Temperatura adm.	°C	100	

Tabla 2: Datos técnicos de las válvulas de accionamiento positivo (SAMSON S.A., s.f.)

Entre la bomba número 1 y la bomba número 2 se encuentra una válvula manual, la cual limita el paso de agua si únicamente arrancásemos la bomba número 1. En el supuesto de que impulsáramos agua con la bomba número 2 no sería necesario abrir esta válvula. (Véase *Ilustración 17: Plano del sistema de bombeo (Planta baja)*).

Por lo general, ambas bombas del buque trabajan un periodo aproximado de 150 horas, siendo la bomba de mayor caudal de impulsión la más utilizada para trabajos que requieren poco tiempo de carga o descarga. En aquellos casos en los cuales se precise impulsar una gran cantidad de agua durante un tiempo elevado se procede a arrancar ambas bombas.



Ilustración 2: Conjunto de bombas del aljibe con sus respectivos motores diésel

En la parte de cubierta se encuentra el piano de válvulas. Este consta de 4 válvulas, las cuales tienen su apertura y paso de flujo independiente de las válvulas de cada uno de los seis tanques. Estas a su vez, como se puede apreciar en la *ilustración 4*, se encuentran agrupadas en grupos de dos a cada banda, en función de cómo abarloe el aljibe al buque al que se le va a realizar el suministro.

A modo de completar el piano de válvulas se encuentran los correspondientes acoples a las mangueras (la barcaza dispone de 5 mangueras para realizar las operaciones de carga y descarga) y dos medidores de presión, uno de ellos fijo y otro móvil. A su vez, a lo largo de la cubierta del aljibe se encuentra la línea contraincendios, la cual, en caso de incendios, se utilizaría la propia agua de los tanques.



Ilustración 3: Línea contraincendios



Ilustración 4: Conjunto de válvulas de cubierta

5.1. Esquema del buque

En la actualidad, no existen esquemas reales tanto en formato digital como en formato papel del aljibe “Santa Cruz” debido a que, con el paso del tiempo desde la época en la que se construyó (aprox. Década de los 50’) hasta la actualidad, se han perdido dichos esquemas y planos. Sin embargo, este esquema del aljibe “Hidrya II” se asemeja notablemente. (*Véase Ilustración 3: Esquema del aljibe*)

En dicho plano se visualiza tanto el perfil del buque como la planta de la cubierta. En la tercera imagen de la ilustración 3 se encuentra diferenciado cada uno de los compartimentos del aljibe.

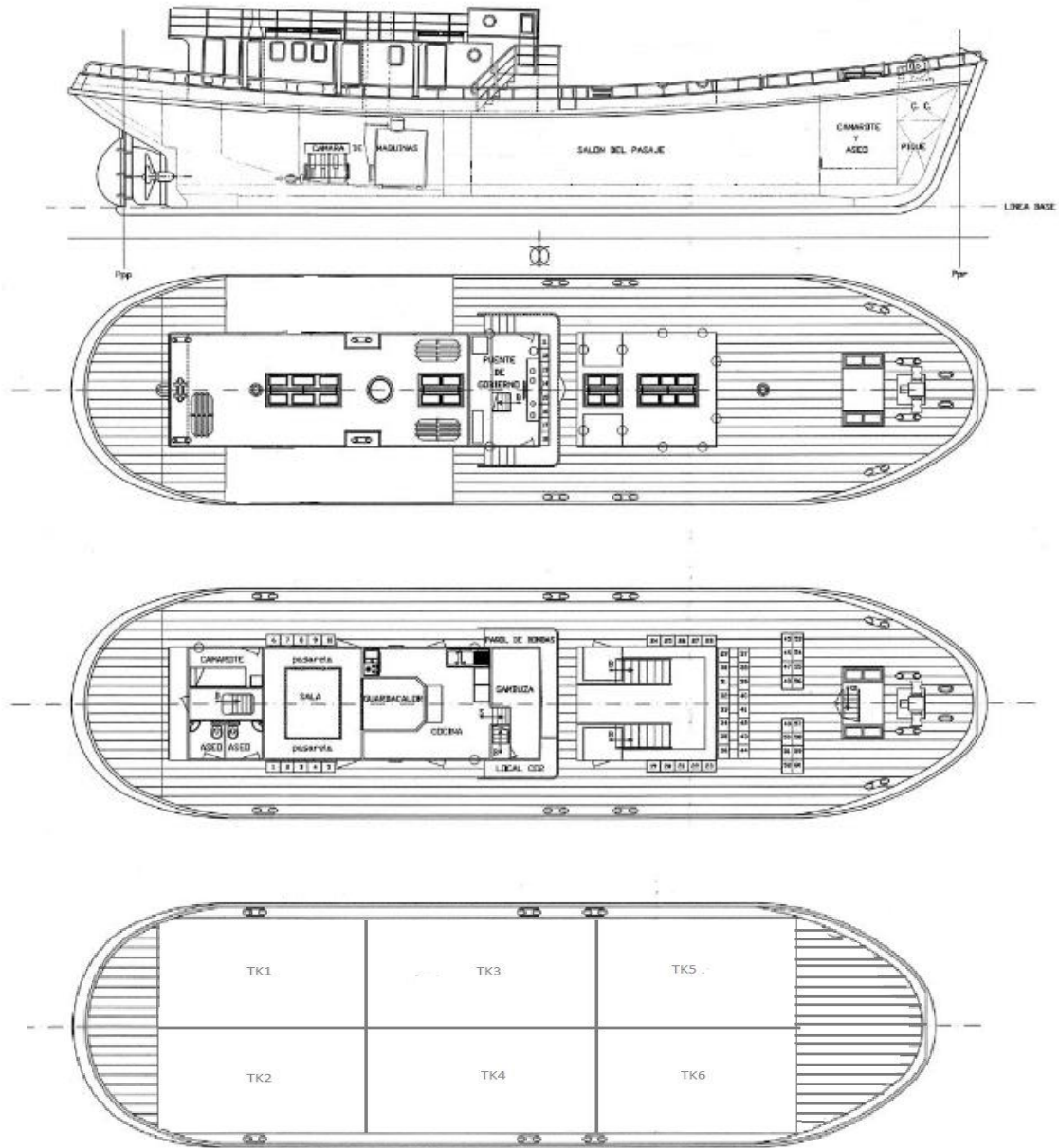


Ilustración 5: Esquema del aljibe (A.P.M.E. Clavileño, 2016)

5.2. Plano de formas

De igual manera que ocurre con el esquema del aljibe, el plano de formas no se encuentra disponible en ningún formato por la antigüedad del mismo.

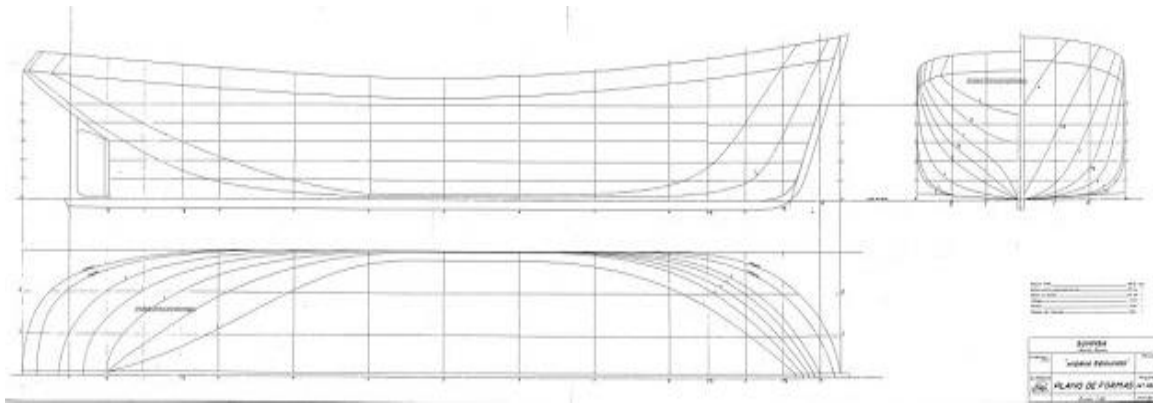


Ilustración 6: Plano de formas del aljibe (A.P.M.E. Clavileño, 2016)

5.3. Sala de máquinas

En este apartado se expondrán una serie de ilustraciones de la sala de máquinas del aljibe “Santa Cruz”, las cuales reflejarán tanto el sistema de bombeo como el de propulsión y cuadro eléctrico del buque.

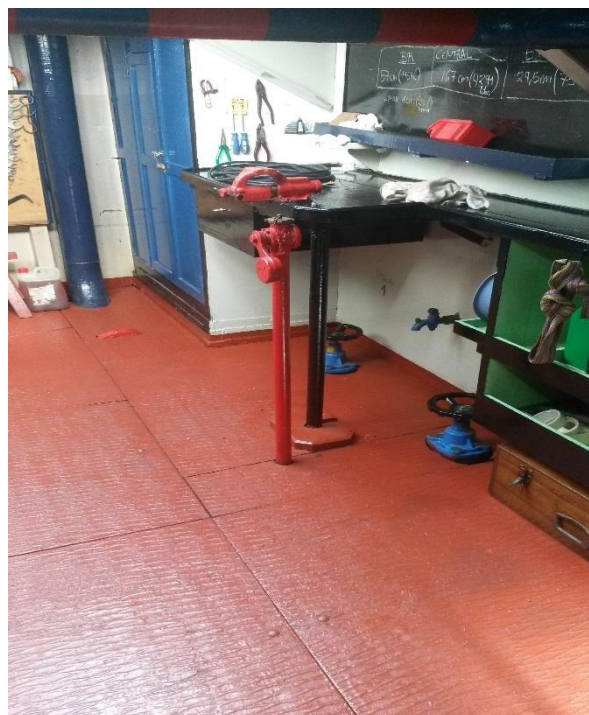


Ilustración 7: Medidor de profundidad de un de los tanques



Ilustración 8: Válvulas de compuerta de los tanques 3 y 4



Ilustración 9: Cuadro eléctrico

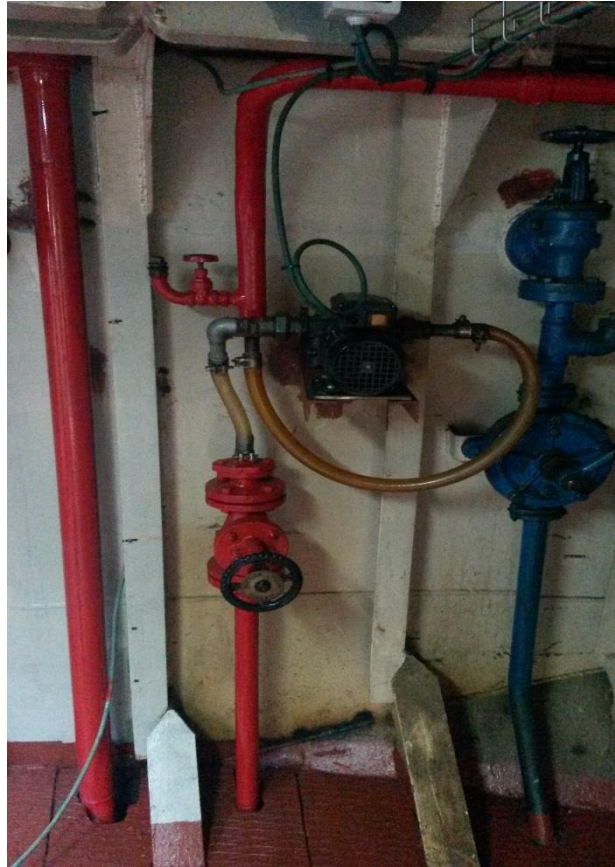


Ilustración 10: Bomba impulsora de combustible



Ilustración 11: Tanque N° 2 de combustible



Ilustración 12: Tanque N° 1 de combustible



Ilustración 13: Cuadro de funcionamiento de bombas y generador



Ilustración 14: Tren de descarga



Ilustración 15: Tren de descarga de la bomba Nº 1



Ilustración 16: Generador de emergencia

5.4. Plano del sistema de bombeo

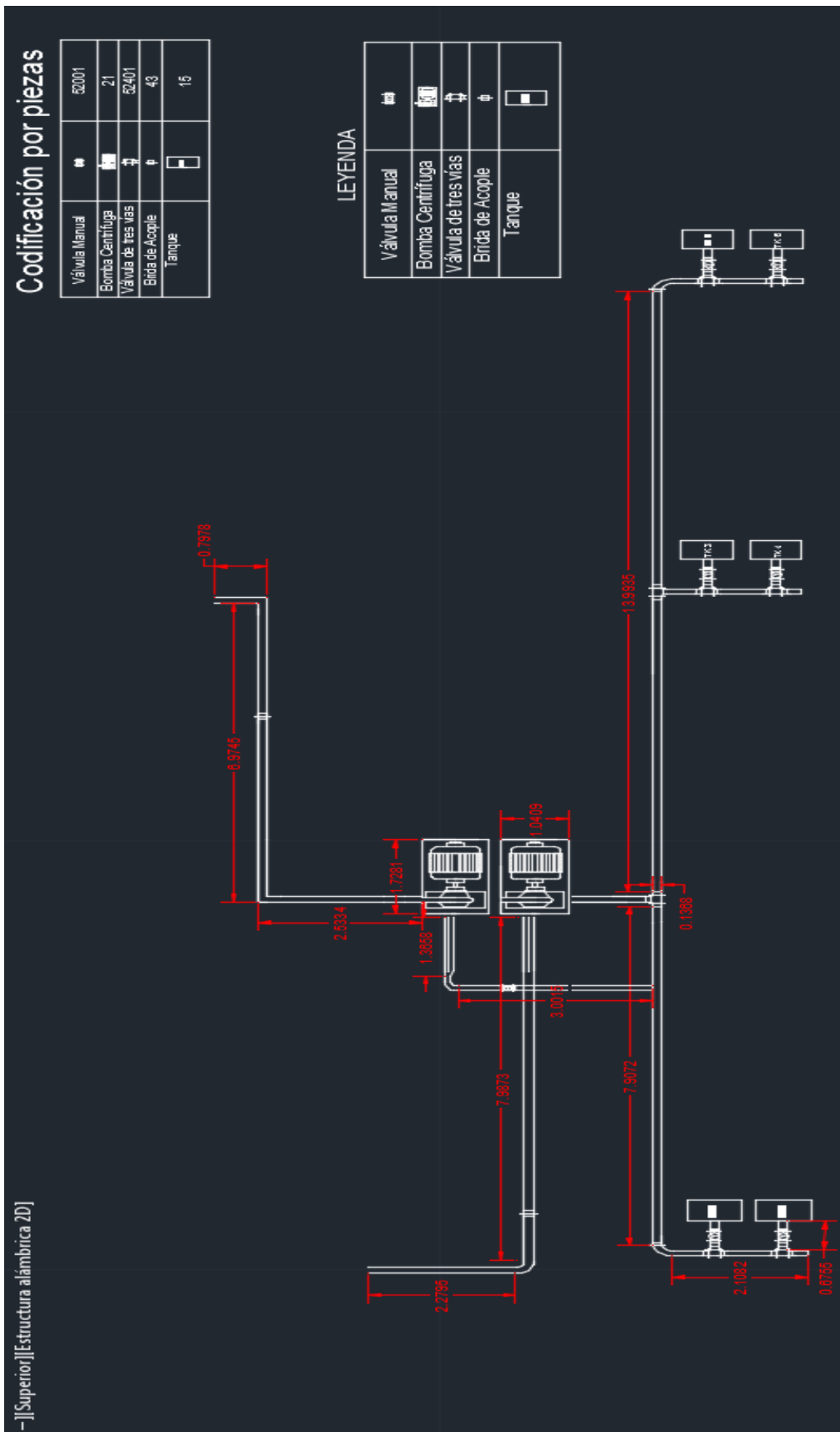


Ilustración 17: Plano del sistema de bombeo (Planta baja)

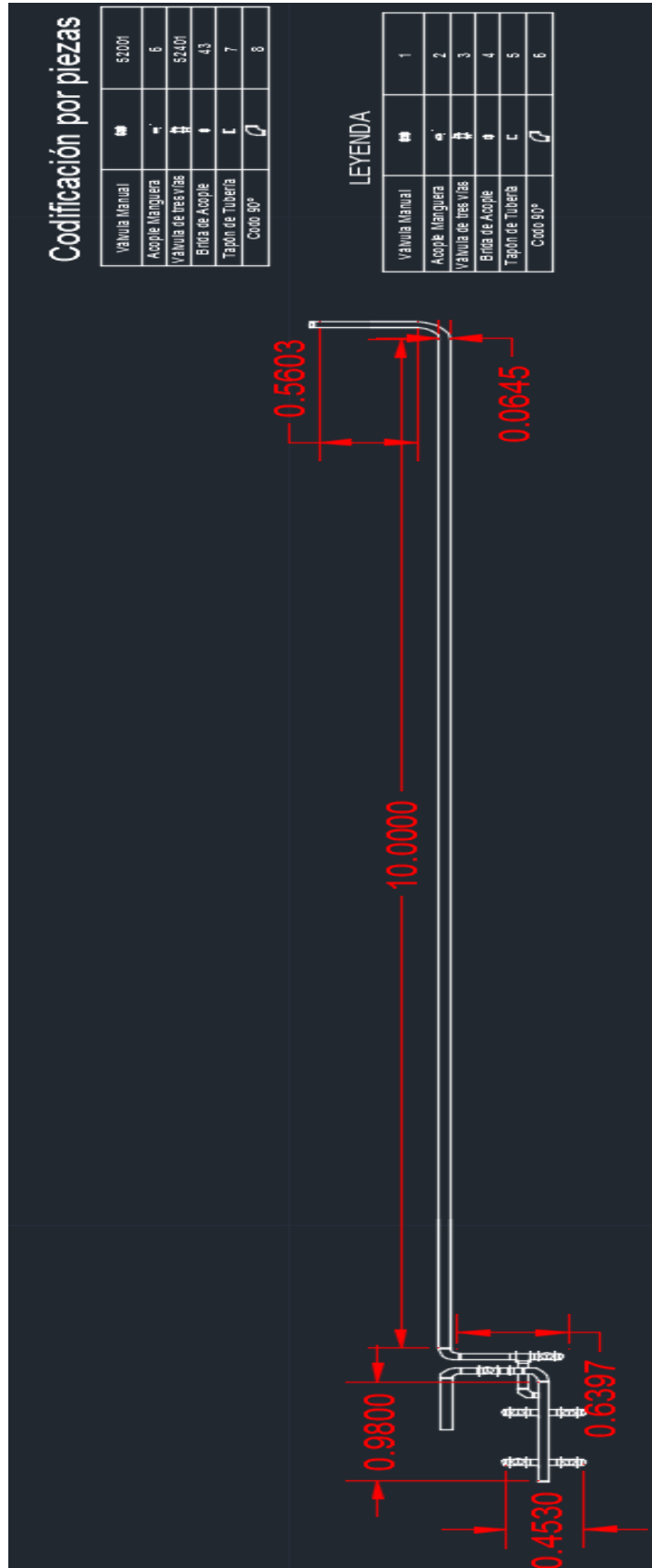


Ilustración 18: Plano del sistema de bombeo (cubierta)

5.5. Inventario del equipo y de las instalaciones

A la hora de estructurar un plan de mantenimiento es prioritario elaborar un inventario tanto del equipo que se está utilizando como de las instalaciones. En el caso del aljibe, los elementos que lo componen son:

Componentes eléctricos

- **Conductores eléctricos.** Se debe conocer, de antemano, la longitud y el calibre de los conductores eléctricos en cada tramo, así como determinar el número de conductores que se lleva en cada uno de ellos.
- **Transformadores.** El inventario debe incluir la placa de identificación de cada transformador y los datos específicos del mismo.

Motores eléctricos

Los motores eléctricos que posee el aljibe se encuentran identificados en las pequeñas bombas de succión de los tanques de gasoil. En ellos se puede encontrar las siguientes especificaciones:

- Diagramas del sistema de control y fechas de modificaciones.
- Identificación del motor.
- Año de fabricación/instalación.
- Datos de placa.
- Antigüedad, número de rebobinados que ha sufrido el motor, al igual que las consiguientes descripciones de cada una de las reparaciones que ha sufrido.
- Especificaciones de rodamientos, en donde venga indicado la fecha en la cual se cambiaron por última vez.
- Especificación del sistema de control, en donde vendrán incluidas las características del arrancador, del interruptor y de las protecciones.

Bombas

- Identificación de la bomba.
- Año de fabricación/instalación.

- Especificaciones de la bomba (marca, modelo, material, velocidad de operación o curvas características entre otras).
- Datos de diseño (carga y caudal).
- Especificaciones del impulsor (tipo, diámetro) y fecha en la que fue instalado en la bomba.
- Especificaciones de rodamientos, prensaestopa o sellos mecánicos. Es importante señalar la fecha en la que se cambiaron por última vez.
- Diagrama del arreglo hidráulico y del tren de descarga.

Una bomba similar a la utilizada en el aljibe es la nombrada a continuación:



Ilustración 19: Bomba dinámica de agua (Bombas Caprari, S.A. , 2016)

Pueden ser acopladas con un acoplamiento elástico a un motor de 1.450 – 2.900 r.p.m. y montada sobre una bancada rígida. ⁵

Características constructivas:

Consta de un sistema hidráulico de hierro fundido y eje de acero. Se puede acoplar tanto a motores térmicos como a eléctricos de 2 a 4 polos. Su junta posee una empaquetadura o cierre mecánico. Esto hace que sea una bomba particularmente versátil para tareas como: ⁶

- Abastecimiento de agua potable.

⁵ (Bombas Caprari, S.A. , 2016)

⁶ (Bombas Caprari, S.A. , 2016)

- Industrial.
- De riego.
- Contraincendios.

Caudal	Altura manométrica	Potencia
130 l/s	140 m	132 kW

Tabla 3: Características de la bomba

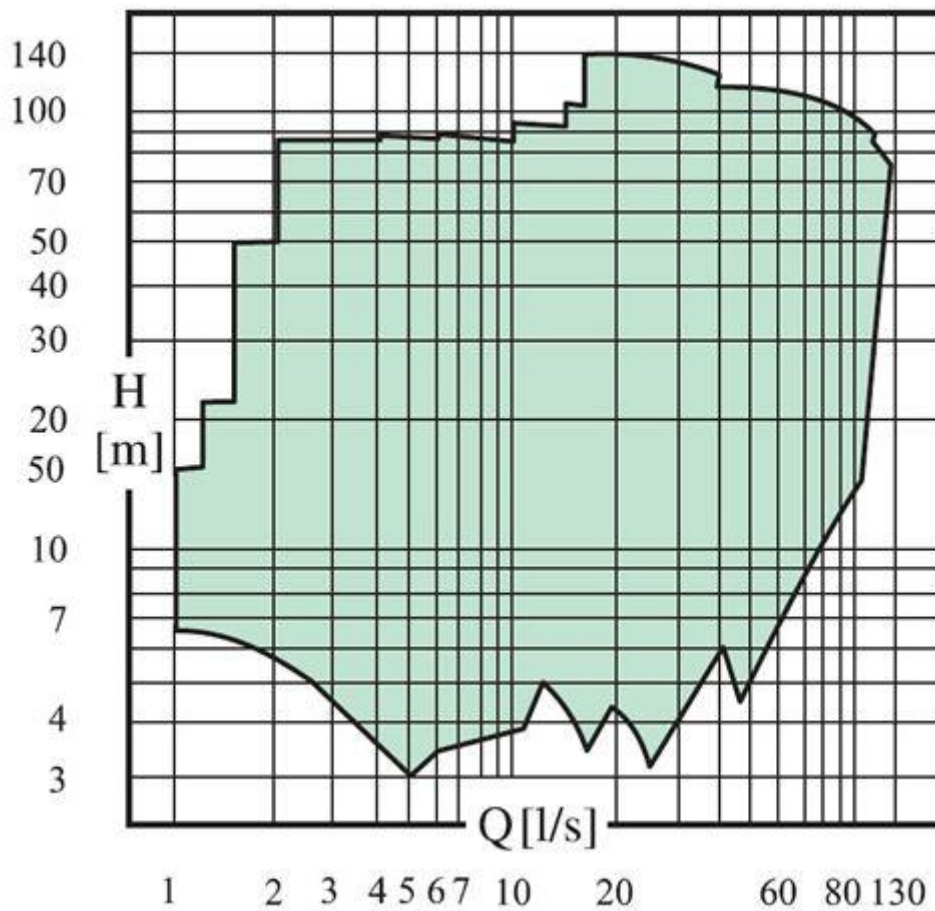


Ilustración 20: Curva característica de la bomba (Bombas Caprari, S.A. , 2016)

Tanques

El buque posee seis tanques (tres a cada banda), con una capacidad máxima de 60 toneladas. Poseen unas escotillas en la parte de la cubierta para la carga y descarga del agua al igual que las correspondientes válvulas de compuerta para

abrir cada uno de los tanques. (Véase *Ilustración 8: Válvulas manuales de los tanques 3 y 4*).

Cada uno de los tanques lleva consigo una serie de especificaciones técnicas, las cuales son:

- Identificación.
- Dimensiones y capacidad.
- Material de fabricación y antigüedad.
- Plano o diagrama.
- Sistema de control o nivel.

Red hidráulica

El aljibe cuenta con una red hidráulica principal para el servicio de suministro de agua y redes hidráulicas auxiliares tanto para el trasiego de gasoil como para los servicios generales del buque (servicios de contraincendio, aseo, etc). Cada una de las mismas posee una serie de especificaciones, las cuales son:

- Diagrama de la red hidráulica, en la que se indiquen longitudes, diámetros y material de la tubería, así como también la ubicación de las cajas de válvulas.
- Antigüedad de la tubería y estadísticas de los fallos producidos en la misma.
- Inventario de válvulas, en el cual quede remarcado las especificaciones de cada una de ellas, al igual que su localización.

Algunos ejemplos de las válvulas que podemos encontrar en el aljibe son las siguientes:

Válvula manual accionada por palanca

Características técnicas

- Válvula esfera con paso total.
- Construcción en latón s/UNE-EN 12165 cromado.

- Extremos rosca gas (BSP) hembra según ISO 228/1.
- Accionamiento mediante palanca de acero.
- Temperatura de trabajo desde -20°C a 100°C.
- Presión máxima de trabajo 25 bar (PN-25).
- Asientos PTFE.⁷

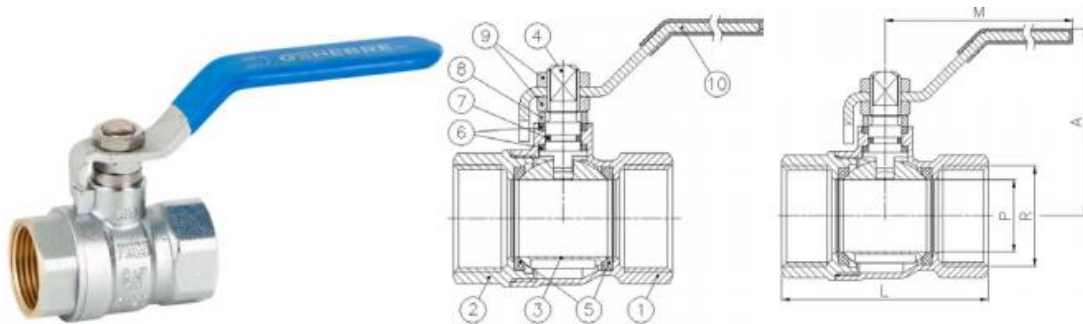


Ilustración 21: Válvula de palanca manual (GENEBRE, 2016)

Nº	Denominación / Name	Material	Acabado Superficial / Surface Treatment
1	Cuerpo / Body	Latón / Brass (CW617N)	Granallado + Cromado / Peened + Chromed
2	Tapa / Cap	Latón / Brass (CW617N)	Granallado + Cromado / Peened + Chromed
3	Esfera / Ball	Latón / Brass (CW617N)	Cromado / Chrome plated
4	Eje / Stem	Latón / Brass (CW617N)	Cromado / Chrome plated
5	Asientos / Ball seats	PTFE	-
6	Anillo prensa / Stem packing	PTFE	-
7	Tórica / O-Ring	NBR	-
8	Anillo prensa / Stem ring	Latón / Brass	Cromado / Chrome plated
9	Tuerca / Nut	Latón / Brass	Cromado / Chrome plated
10	Maneta / Handle	Acero / Steel	Dacromet / Dacromet

Ref.	Medida / Size R	DN	Dimensiones / Dimensions (mm)				Peso / Weight (g)
			P	A	L	M	
3029 02	1/4"	10	10	46	40	84	105
3029 03	3/8"	10	10	46	43	84	110
3029 04	1/2"	15	14	47	49	84	150
3029 05	3/4"	20	19	58	56	98	250
3029 06	1"	25	24	61	68	98	380
3029 07	1 1/4"	32	30	74	80	126	595
3029 08	1 1/2"	40	37	80	89	126	830
3029 09	2"	50	46,5	91	104	158	1330
3029 10	2 1/2"	65	58,5	101	137	158	2475
3029 11	3"	80	72	131	158	196	3925
3029 12	4"	100	90	145	183	265	6005

Tabla 4: Especificaciones técnicas de la válvula accionada por palanca (GENEBRE, 2016)

⁷ (GENEBRE, 2016)

Curva Presión - Temperatura

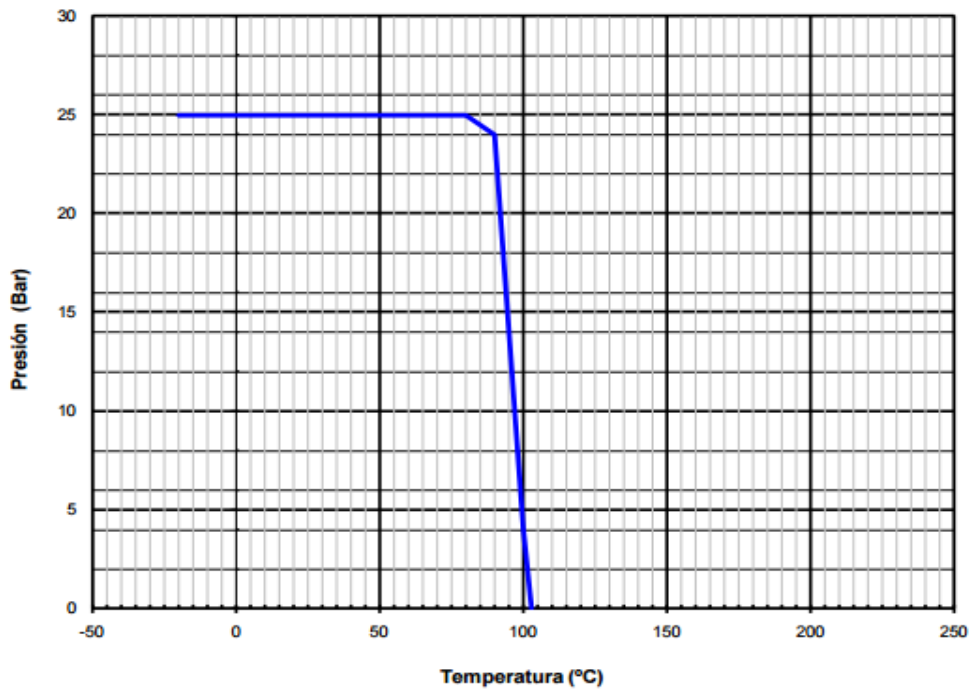


Ilustración 22: Curva presión - temperatura de la válvula de palanca (GENEBRE, 2016)

Válvula de globo

La válvula de globo es adecuada para utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de caudal hasta el control abierto-cerrado (On-Off).

8

El sistema de bombeo de la barcaza está compuesto por 6 válvulas de globo (una para cada uno de los tanques).

El mantenimiento que se le realiza a cada una de estas válvulas se centra en tareas de tipo correctivo, en las cuales es sustituida partes o la totalidad de la válvula para su arreglo y posterior montaje.

⁸ (TLV, 2016)

PIEZA	MATERIALES
CUERPO	Acero forjado ASTM A105N
VASTAGO	Acero inoxidable 410
TAPON	WCB al 13% Cromo
ASIENTO	Acero inoxidable 410, revestido con Stellite 6
EMPAQUE	Grafito
VOLANTE	Hierro maleable pintado
EXTREMOS	Hilo NPT o Socket Weld
MARCA	Bonney Forge
FIGURA	HL 303:308
PROCEDENCIA	Italia

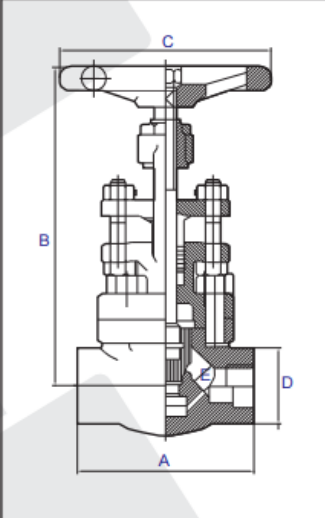


Tabla 5: Especificaciones técnicas de la válvula de globo (TLV, 2016)

		DIMENSIONES				
MEDIDAS	Pulg.	1/2	3/4	1	1 1/2	2
DIMENSIONES	A	80	90	110	150	180
	B	150	180	205	270	295
	C	76	98	98	139	139
	D	32	38	48	64	80
	E	9	13	17.5	29.5	35
PESO	Kg.	1.8	2.3	3.6	7.5	12
ESPESOR		4.8	5	6	7.5	9
FIGURA		HL 303	HL 304	HL 305	HL 307	HL 308

Tabla 6: Dimensionado de la válvula de globo (TLV, 2016)

Válvula de compuerta

La válvula de compuerta es adecuada para restringir el paso del caudal o para conseguir un caudal de fluido rectilíneo.⁹

El sistema de bombeo de la barcaza está compuesto por 4 válvulas de compuerta (dos para cada una de las bombas).

⁹ (GGC VALVES, 2013)

El mantenimiento que se le realiza a cada una de estas válvulas se centra en tareas de tipo correctivo, en las cuales es sustituida partes o la totalidad de la válvula para su arreglo y posterior montaje.

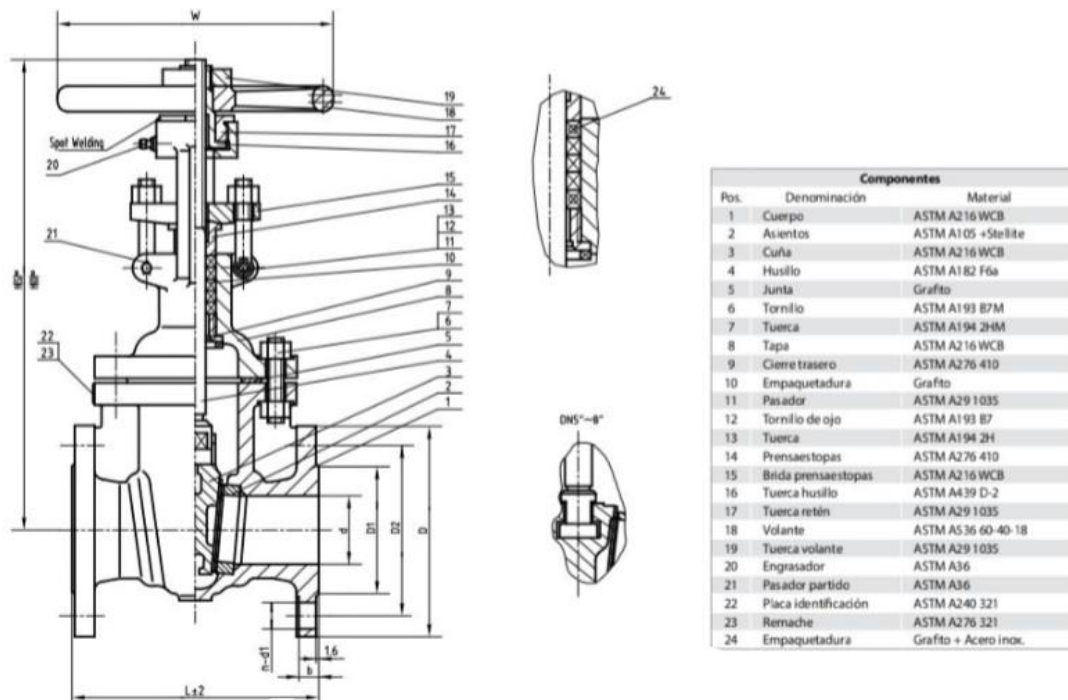


Ilustración 23: Válvula de compuerta (GGC VALVES, 2013)

COMPUERTA Fig. GA01011XU		Clase: 150LBS
VÁLVULA COMPUERTA ACERO CARBONO 150LBS BRIDAS		
Especificaciones		
Material	Acero carbono ASTM A216 WCB ¹	
Diseño	API 600	
Conexiones	Bridas según ASME B16.5 RF	
Longitud	ASME B16.10	
Inspección y Pruebas	API 598	
NACE MR 01-75	Bajo demanda	
Aplicaciones	Refinerías, Petroquímica, Química, Metalurgia, Papel, Farmacéuticas...	
<small>¹Ver lista de materiales estándar</small>		

Ilustración 24: Especificaciones técnicas de una válvula de compuerta (GGC VALVES, 2013)

Es importante señalar que, debido a la mala gestión y/o la antigüedad del aljibe, no se tienen datos específicos o fichas técnicas de cada uno de los componentes

de los que está compuesto el sistema de bombeo. En este aspecto, se ha buscado componentes similares para poder tener una idea del aspecto de cada uno de ellos.

6. Concepto de mantenimiento

Se entiende por mantenimiento toda labor, realizada a un equipo o elementos que lo compongan, encargada de predecir, prevenir o corregir los diferentes problemas que se puedan dar, para prolongar y mantener a los componentes o equipos en perfecto funcionamiento. ¹⁰

6.1. Tipos de mantenimiento existentes

Se pueden distinguir cinco tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento consiste en aplicar medidas correctivas para cubrir los diferentes problemas que puedan ocurrir en los diferentes componentes que forman el sistema de bombeo.¹¹
- Mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento se fundamenta en optimizar cada uno de los componentes que forman el sistema de bombeo a partir de la vida útil de cada uno de ellos (horas de funcionamiento). ¹²
- Mantenimiento predictivo. Este tipo de mantenimiento consiste en someter a los componentes que forman el sistema de bombeo a ensayos para poder comprobar los valores actuales de las variables como pueden ser la presión o la temperatura, con los valores predeterminados de fábrica. En caso de que existiera una variación importante en estos valores significaría que existe algún tipo de problema.¹³
- Mantenimiento cero horas. Este tipo de mantenimiento consiste en revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca ningún fallo, o cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido. Se conoce por este

¹⁰ (Definición ABC, 2007- 2016)

¹¹ (RENOVETEC, 2012)

¹² (RENOVETEC, 2012)

¹³ (RENOVETEC, 2012)

nombre debido a que, una vez se va a realizar el mantenimiento, este se coloca a cero horas de funcionamiento, simulándolo como si fuera nuevo.¹⁴

- Mantenimiento en uso. Este tipo de mantenimiento es el básico realizado por los usuarios del mismo. Se basa fundamentalmente en la toma de datos de las variables más representativas del sistema para tener un historial y poder prever posibles averías.¹⁵

6.2. Modelos de mantenimiento

Estos modelos de mantenimiento se basan en dos tareas principales:

- Realizar inspecciones visuales para poder ver posibles errores o fugas.
- Lubricación de los diferentes componentes que forman el sistema de bombeo.

Estos modelos de mantenimiento se basan, a su vez, en planes económicos según la empresa que los realice y, como veremos a continuación, se diferencian varios modelos en función de los costes económicos y de las diferentes herramientas necesarias para realizar cada uno de estos modelos.¹⁶

- Modelo correctivo. Este tipo de modelo es el más básico que se puede emplear en un sistema y consiste en aplicar medidas correctivas a los diferentes elementos que sufran problemas y eviten el buen funcionamiento del sistema de bombeo. De esta manera, se puede predecir que es el modelo más económico existente, pero, de igual manera, es el menos productivo a la hora de mantener al equipo en perfecto funcionamiento.¹⁷

¹⁴ (RENOVETEC, 2012)

¹⁵ (RENOVETEC, 2012)

¹⁶ (RENOVETEC, 2016)

¹⁷ (RENOVETEC, 2016)

- Modelo condicional. Este tipo de modelo incluye al modelo correctivo más una serie de medidas predictivas como son ensayos a los elementos más “conflictivos” que componen el sistema. En función de los datos suministrados por los ensayos y, comparados con los valores establecidos por el fabricante, se llevará a cabo un estudio para decidir si es necesario o no su sustitución. ¹⁸

- Modelo sistemático. En el modelo más utilizado frecuentemente en los diferentes equipos y consiste en evaluar de manera arbitraria diferentes elementos y, en función de los datos suministrados, volver a realizar otros ensayos de mayor envergadura para poder visualizar un posible problema y arreglarlo antes de que se produzca el paro del equipo. Estos ensayos se realizan a equipos sin que tengan ningún tipo de error. A su vez, no existe una frecuencia para realizar cada una de las tareas. ¹⁹

- Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad. Es el modelo de mantenimiento más exigente y exhaustivo, y con un mayor coste económico, de los nombrados anteriormente. Consiste en realizar ensayos a todos los componentes que forman el sistema y al mínimo valor diferente de los establecidos por el fabricante, será necesario sustituirlo. Estos modelos se aplican a equipos que tienen una disponibilidad por encima del 90%. ²⁰

6.3. Normativa referente al mantenimiento

La ISO 9001, en el apartado 6.3 “Infraestructura”, indica la aplicación en forma constante de una política de mantenimiento adecuada a la infraestructura utilizada por la empresa, generando reducción de paradas imprevistas, manejo más racional del capital humano, compra ordenada de repuestos y prolongación de la vida útil de los equipos entre otros beneficios, los que decididamente

¹⁸ (RENOVETEC, 2016)

¹⁹ (RENOVETEC, 2016)

²⁰ (RENOVETEC, 2016)

contribuyen a asegurar el logro de la aprobación de los recursos del producto o el servicio.²¹

De manera exacta se define así “La empresa deberá determinar, suministrar y mantener las infraestructuras necesarias para lograr la conformidad a los requisitos de producto, incluyendo”:

- Edificios, espacio de trabajo e instalaciones.
- Equipos de proceso, hardware y software.
- Servicios de soporte, como transporte o comunicaciones.

De igual manera, su organización deberá llevar a cabo tres tareas con respecto a la infraestructura:

- Identificar. Averiguar si se han identificado los requisitos en planes estratégicos, planes de expansión, planes de calidad, procedimientos, instrucciones de trabajo u otra documentación. Si hay elementos no identificados, deberán identificarse.²²
- Suministrar. Verificar si los equipos actuales, los edificios, el software y los servicios de soporte satisfacen los requisitos identificados.²³
- Mantener. Su organización tiene un programa de mantenimiento preventivo para los equipos (de conformidad con el control de proceso de 1994). Ahora deberá extenderlo para asegurar el mantenimiento preventivo necesario para el edificio, el hardware y las otras infraestructuras.²⁴

²¹ (Calidad & Gestión, 2016)

²² (Calidad & Gestión, 2016)

²³ (Calidad & Gestión, 2016)

²⁴ (Weber, 2016)

6.4. Tipos de mantenimiento centrados en un sistema de bombeo

6.4.1. Mantenimiento predictivo

Cuando se realiza un mantenimiento predictivo en el sistema de bombeo de agua es conveniente basarse en el registro, monitoreo y análisis del comportamiento de las variables primordiales de operación, estas pueden intervenir tanto en el equipo como en las instalaciones, teniendo como propósito verificar que el funcionamiento sea ideal. Si estas condiciones no se dan correctamente o se producen modificaciones en las operaciones normales, se lleva a cabo una serie de correspondientes actividades correctivas tanto en el equipo como en los componentes.²⁵

Los componentes de un sistema de bombeo de agua tipo a los cuales sería necesario aplicarle las correspondientes tareas de mantenimiento predictivas son: ²⁶

1. Transformador
2. Centro de control del motor.
3. Motor.
4. Bombas.
5. Válvulas.
6. Conjunto de tuberías.

6.4.2. Mantenimiento preventivo

Cuando se habla de un mantenimiento preventivo en una instalación de bombeo de agua, se refiere a verificación la vida útil de cada uno de los componentes de la misma. Esto a su vez, se puede considerar un trabajo programado, con ello se consigue evitar posibles fallos que puedan surgir. Las actividades características realizadas en este tipo de mantenimiento son las siguientes: ²⁷

- Inspección al equipo.
- Lubricación.

²⁵ (Garrido, 2009)

²⁶ (Garrido, 2009)

²⁷ (Garrido, 2009)

- Limpieza.
- Sustitución de componentes.

A su vez, y de igual manera que sucediera anteriormente con las tareas de mantenimiento predictivo, los componentes que se verán sometidos a estas tareas de mantenimiento son los siguientes: ²⁸

1. Transformador
2. Centro de control del motor
3. Motor
4. Bombas
5. Válvulas
6. Tren de descarga

6.4.3. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel mantenimiento que prioriza el arreglo de los posibles fallos que surgen en un sistema en particular, explicado de otra forma, aplica las medidas necesarias para arreglar o corregir un problema. Este mantenimiento podemos dividirlo según sea: ²⁹

- Planificado. Se da en aquellas ocasiones en las que se conoce, de antemano, cual es el problema a corregir y se posee los medios necesarios para arreglarlo en el instante. ³⁰
- No planificado. Se da en aquellas situaciones en las que se produce un problema en un equipo esencial. Se prioriza en este tipo de mantenimiento, también denominado mantenimiento de emergencia, poner de nuevo el equipo en funcionamiento. ³¹

²⁸ (Garrido, 2009)

²⁹ (Garrido, 2009)

³⁰ (Garrido, 2009)

³¹ (Garrido, 2009)

Como sucede tanto en las tareas de mantenimiento predictivo como preventivo, los componentes que se verán influenciados por este tipo de mantenimiento son los nombrados anteriormente.³²

6.5. Elaboración de un plan de mantenimiento

Una vez señalado el inventario básico para llevar a cabo un programa de mantenimiento (apartado 5.5), el siguiente paso es asignar una frecuencia de ejecución a cada una de las medidas, tanto preventivas como predictivas, que se van a llevar a cabo en el mantenimiento de nuestro sistema. La frecuencia con la que se llevarán a cabo las diferentes tareas vendrá dada, en primer lugar, por la experiencia del empleado que realice las labores de mantenimiento, y, en segundo lugar, por las características dadas por el fabricante en cada uno de los componentes que forman el sistema de bombeo. A continuación, se expondrá un cuadro, a modo de guía, en la cual se pueden marcar la frecuencia de cada una de las tareas de mantenimiento en función del elemento que vayamos a inspeccionar.³³

³² (Garrido, 2009)

³³ (Garrido, 2009)

Subsistema	Equipo	Acción recomendada	Frecuencia de mantenimiento				Obs.
			Diario	Semanal	Mensual	Anual	
Eléctrico	Transformadores	Limpieza del equipo.					
		Limpieza del área.					
		Reajuste de tomillería en boquillas y terminales mecánicas.					
		Purificado y filtrado de aceite dieléctrico, consistente en centrifugar, filtrar, deshidratar y degasificar los contenidos en el transformador.					
		Medición y análisis de parámetros eléctricos.					
		Análisis fisicoquímico del aceite.					
		Pruebas de relación de transformación (TR).					
		Pruebas eléctricas (megóhmetro).					
	Análisis termográfico.						
	Centro de control de motores	Limpieza del tablero con solvente dieléctrico.					
		Limpieza y lubricación de accionamientos mecánicos (resortes, botoneras).					
		Reajuste de tomillería a terminales y conectoros eléctricos.					
		Medición y análisis de parámetros eléctricos.					
		Pruebas de resistencia eléctrica en la red de tierra física.					
	Motores eléctricos	Pruebas de continuidad en la red de tierra física.					
		Análisis termográfico.					
		Limpieza de embobinado con solvente dieléctrico.					
		Lubricación de rodamientos.					
		Cambio de rodamientos axiales.					
		Ajustes de tapas.					
		Lijado y pintura de carcasa.					
		Medición y análisis de parámetros eléctricos.					
	Motores eléctricos	Medición y análisis de vibraciones mecánicas.					
		Pruebas al aislamiento.					
		Pruebas de resistencia al bobinado.					
		Análisis termográfico.					
		Limpieza de embobinado con solvente dieléctrico.					
		Lubricación de rodamientos.					
Cambio de rodamientos axiales.							
Ajustes de tapas.							
Bombas	Lijado y pintura de carcasa.						
	Medición y análisis de parámetros eléctricos.						
	Medición y análisis de vibraciones mecánicas.						
	Pruebas al aislamiento.						
	Pruebas de resistencia al bobinado.						
	Análisis termográfico.						
	Lubricación de chumaceras y portachumaceras.						
	Lubricación a flecha superior.						
	Cambio de buje de tazones.						
	Rectificado de asientos de tazones intermedios.						
	Cambio del buje del tazón de succión.						
	Rectificación de flecha de línea.						
	Cambio de flecha superior.						
Tren de descarga	Cambio de chumaceras.						
	Cambio del buje estopero.						
	Rectificación de flecha de tazones.						
	Medición y análisis de vibraciones mecánicas.						
	Medición y análisis de presión de descarga y carga de bombeo.						
	Medición y análisis del caudal.						
	Revisión del buje estopero.						
Válvulas	Revisión del prensaestopa.						
	Limpieza y revisión del tren de descarga.						
	Pintura del tren de descarga.						
	Cambio de empaques rotos entre el acoplamiento de bridas, válvulas, medidores y válvulas de retención sostenedoras de presiones.						
	Cambio de válvulas.						
	Inspección del funcionamiento y calibración de los macromedidores.						
	Inspección del equipo de cloración.						
Válvulas	Limpieza de solenoide y válvulas de expulsión de aire.						
	Medición y análisis de vibraciones mecánicas.						
	Limpieza y evaluación del diafragma.						
	Limpieza y evaluación del resorte accionador del diafragma.						
	Limpieza de junta antipolvo.						
	Lubricación del cojinete del eje.						
Válvulas	Limpieza del cuerpo de la válvula.						
	Limpieza de solenoide.						
	Cambio de conductores eléctricos de control.						
	Medición y análisis de vibraciones mecánicas.						

Tabla 7: Fichas para verificar el mantenimiento de los componentes (Garrido, 2009)

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS		REGISTRO-MANT-42-	PAG. DE
Fecha Aprobación:		Fecha Próxima Revisión:	
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
MAQUINA/EQUIPO	CÓDIGO		
TAREA	PERIODICIDAD		
APROBACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Fecha:		Firma:	
ELABORADO POR :			
Vº Bº GERENCIA :			
Observaciones:			

MDP- MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS		REGISTRO-MANT-41-	PAG. DE
Fecha Aprobación:		Fecha Próxima Evaluación:	
LISTADO DE EQUIPOS Y MAQUINAS BAJO MANTENIMIENTO			
MAQUINA/EQUIPO	CÓDIGO	CORRECTIVO	PREVENTIVO
APROBACIÓN DEL LISTADO			
Fecha:		Firma:	
ELABORADO POR :			
Vº Bº GERENCIA :			
Observaciones:			

Tabla 9: Ficha a cumplimentar sobre las posibles observaciones y las horas trabajadas (Garrido, 2009)

6.7. Identificación de problemas

La identificación de problemas consiste en detectar las posibles deficiencias o errores que pudieran existir en cada uno de los componentes que forman nuestro sistema de bombeo, pudiendo realizar medidas correctivas al respecto para dejar el sistema en perfecto funcionamiento. A continuación, se detallan las principales actividades a desarrollar para llevar cabo dicha identificación.³⁶

³⁶ (Garrido, 2009)

6.7.1. Inspección sensorial (visual, táctil, auditiva, olfativa)

La inspección sensorial tiene como objetivo identificar dificultades de algún problema a la hora de realizar el mantenimiento en los equipos que componen el sistema de bombeo. A continuación, se plasmarán las principales actividades a realizar y los aspectos más importantes a los cuales se les deben prestar atención a la hora de poder identificar estos problemas.³⁷

Sistema eléctrico

El sistema eléctrico está compuesto de los siguientes elementos:

Transformador³⁸

- Comprobar que la pintura del transformador se encuentre en buen estado.
- Comprobar que no existan sonidos o vibraciones anormales.
- Comprobar que no exista derrame de aceite dieléctrico.
- Comprobar que los conductores de puesta a tierra se encuentren aterrizados.
- Comprobar daños a boquillas.

Interruptor

- Comprobar que no existan ruidos eléctricos.

Conductores

- Comprobar que el aislamiento no presente daños.

Motor

- Comprobar que no exista ruidos o vibración anormal.

³⁷ (Garrido, 2009)

³⁸ (Garrido, 2009)

Sistema hidráulico

Bomba

- Comprobar que no exista ruido o vibración anormal.
- Comprobar que no haya pernos sueltos en el cabezal.
- Comprobar que no existan fugas en sellos y prensaestopas.
- Comprobar que no exista corrosión en el cabezal. ³⁹

Cabezal de descarga

- Comprobar que el equipo de medición (macromedidor y manómetro) estén operando.
- Comprobar que no existan fugas.
- Comprobar que la válvula expulsora de aire esté operando.
- Comprobar que no existan daños físicos en los componentes. ⁴⁰

6.7.2. Análisis del sistema hidráulico

Análisis de la bomba

En un análisis hidráulico (referido a una bomba) se compara valores de referencia del fabricante con los valores que presenta actualmente la bomba. Si estos valores (gasto y carga) se diferencian demasiado de los valores que establece el fabricante se han de buscar las causas, las cuales podrían ser:⁴¹

- Impulsor mal ajustado. Esto implica que el impulsor no trabaja en las condiciones especificadas por el fabricante. ⁴²
- Impulsor desgastado. El impulsor es el encargado de aplicar el empuje al agua, proveniente del tanque. Si este se encuentra en mal estado, la eficiencia baja, y consigo el flujo de agua. ⁴³

³⁹ (Garrido, 2009)

⁴⁰ (Garrido, 2009)

⁴¹ (Garrido, 2009)

⁴² (Garrido, 2009)

⁴³ (Garrido, 2009)

- Velocidad de operación diferente de la del diseño de la bomba. Si varía la velocidad de operación de la bomba, también lo hará su curva característica, y por lo tanto lo hará de igual manera el flujo de agua.⁴⁴

6.7.3. Análisis de temperaturas

Temperatura del transformador

Una temperatura elevada en el transformador nos indica que este posee algún tipo de problema. Algunas de las dificultades principales que se pueden detectar por las variaciones excesivas de temperatura en el transformador son: ⁴⁵

- Alta temperatura en los bornes del alimentador. Indica un desajuste en los terminales, por la cual se originaría una resistencia de contacto que aumentaría la temperatura. Esto también se puede originar por una sobrecarga del transformador. ⁴⁶
- Alta temperatura en los bornes del secundario. Las causas son similares al ejemplo anterior, es decir, se produce un desajuste en los terminales que originaría una resistencia que aumentaría la temperatura del transformador. También se podría dar por una sobrecarga del transformador. ⁴⁷
- Alta temperatura en el cuerpo del transformador. Son originadas por niveles no admisibles de aceite, por la existencia de humedad en el aceite o por una sobrecarga del transformador. ⁴⁸
- Baja temperatura diferencial en el radiador. Un valor de temperatura diferencial entre ambas partes del radiador significa que hay problemas de remoción de calor. ⁴⁹

⁴⁴ (Garrido, 2009)

⁴⁵ (Garrido, 2009)

⁴⁶ (Garrido, 2009)

⁴⁷ (Garrido, 2009)

⁴⁸ (Garrido, 2009)

⁴⁹ (Garrido, 2009)

Temperatura del equipo de control

La principal razón de que se produzca aumentos de temperatura en el equipo de control es debido al mal ajuste de la tornillería o de los terminales de los conductores o por una sobrecarga del motor. Los componentes donde se debe comprobar la temperatura son: ⁵⁰

- Entrada al interruptor.
- Salida del interruptor.
- Entrada del arrancador.
- Salida del arrancador.

Temperatura del motor

Alta temperatura en los rodamientos

La temperatura de cada uno de los rodamientos que se encuentran en el motor no debe exceder de niveles superiores al 65% de la temperatura ambiente. En caso de que no fuera así, existiría problema en los rodamientos, cuyo origen se debe a: ⁵¹

- Propiedades del aceite no adecuadas para la aplicación.
- Falta de lubricación.
- Sobrecarga.
- Ajuste incorrecto del cojinete.

Alta temperatura de la carcasa

Las causas más frecuentes de temperaturas anormales en la carcasa del motor son: ⁵²

- Sobrecarga.
- Daños en bobinas.
- Velocidad de operación menor a la velocidad a plena carga

⁵⁰ (Garrido, 2009)

⁵¹ (Garrido, 2009)

⁵² (Garrido, 2009)

7. Mantenimiento actual

7.1. Plan de mantenimiento actual

El plan de mantenimiento es, principalmente, correctivo. De igual manera, se realizan tareas de mantenimiento mensuales centradas, principalmente, en comprobar el estado físico de los componentes de cada uno de los motores acoplados a las bombas (correas de distribución, bornes de conexión, motor de arranque, limpieza, etc), lubricación de los motores y caja de velocidades y la verificación visual y chequeo de los componentes que forman el sistema de bombeo (bombas, válvulas, tuberías, etc).

Las tareas de mantenimiento correctivo, en aquellos casos en los que se produzca una rotura de uno de los componentes que forman parte del sistema de bombeo, se llevará a cabo las tareas de cambio e implantación de la válvula nueva de la siguiente manera:

- Actuación general. En este punto se llevará a cabo las labores de verificación del problema y la posibilidad de reemplazarlo. A su vez, se comprobará los componentes adyacentes para no provocar ninguna avería “a posteriori” cuando se quite el componente averiado.
- Criterio de stock. En este punto, se comprobará el stock de respetos existentes en el buque, debido a que, algunos de los componentes con mayor probabilidad de rotura o con una vida útil poco prolongada se encuentran “a mano” en el propio aljibe. De no serlo así, sería necesario adquirirlos en tiendas especializadas.

Por norma general, el stock en tienda de los componentes de los que está compuesto el sistema de bombeo es muy amplio ya que no son piezas de relevada complejidad, con la única excepción de piezas específicas como pueden ser las bombas o los motores de cada una de ellas. Estos componentes suelen tener una vida útil bastante prolongada. En aquellos casos en los que se pueda prever con anterioridad posibles fallos,

mediante tareas de mantenimiento programadas, será necesario sustituirlos para evitar mayores consecuencias.

También es importante destacar que estos elementos tienen diversos componentes que interfieren en el buen funcionamiento del mismo. Estos componentes son similares para varios tipos de bombas o motores y su stock es más amplio.

- Colocación del componente nuevo. Dependiendo del elemento en cuestión se llevarán a cabo unas tareas específicas para su colocación. Las prioridades a la hora de colocar un componente nuevo son:
 - Lubricación.
 - Colocación de los componentes adyacentes o que tengan que ver con este elemento (bomba).
 - Comprobación del buen funcionamiento.

7.2. Personal de mantenimiento

A la hora de realizar las tareas de mantenimiento correctivo en el aljibe, estas se realizan en un grupo de dos personas, ambos con amplios conocimientos en motores de combustión interna y equipos de presurización. Estas tareas se realizan, a su vez, de manera mensual, aprovechando el inicio de cada mes o la disposición del aljibe.

El personal de mantenimiento realiza las tareas de comprobación y chequeo del sistema de bombeo, comprobando, en primer lugar, los dos motores de las bombas (lubricación, nivel de aceite, correas, ...) Posteriormente se encargan de verificar la presión del sistema gracias a los manómetros colocados en el piano de válvulas.

Por último, se pone en marcha el sistema comprobando que funciona perfectamente, considerando esta tarea como una medida de mantenimiento correctiva. En aquellos casos en los que existiera algún tipo de avería, se

realizará la tarea de reposición del componente defectuoso o arreglo de una de las secciones de tubería de las que está compuesto el sistema.

7.3. Presupuesto actual

A la hora de calcular el presupuesto inicial destinado al sistema de bombeo del buque, es importante destacar que los valores plasmados son datos orientativos debido a que, los datos reales son privados de la Autoridad Portuaria y de la empresa que realiza las labores de mantenimiento, que en este caso es Talleres Quintana.

Se ha podido deducir un precio orientativo del presupuesto actual de, únicamente, las labores que entran dentro del plan de mantenimiento correctivo (comprobación de estado superficial y lubricación). El coste sería de unos 1.200 euros anuales (en torno a los 50€/h), fluctuando dependiendo de las posibles averías, del coste de las piezas, del stock, del tiempo de parada del equipo, o de averías de carácter muy grave como sería el cambio de una de las bombas.

8. Innovaciones en los planes de mantenimiento: los GMAO

El software GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), es una herramienta que optimiza la gestión de los servicios del mantenimiento de una empresa. Su sistema almacena los datos de información general de la empresa y los datos de sus operaciones de mantenimiento. Esto es utilizado para realizar las operaciones con más eficacia y seguridad. También es utilizada como herramienta de gestión para la toma de decisiones.⁵³

A la hora de su utilización, estas plataformas de gestión de mantenimiento pueden ser utilizadas por cualquier organización que precise gestionar la utilización de activos o una serie de órdenes de trabajo. A su vez, presentan soluciones tanto a mercados específicos, como pueden ser el mantenimiento de infraestructuras, como a mercados generales.⁵⁴

Existe una variedad de softwares, los cuales están destinados a una organización en particular. Estas plataformas, a la hora de su instalación, pueden ser tanto por vía web como por vía LAN si la empresa adquisidora del producto lo aloja en su propio servidor.⁵⁵

8.1. Módulos que se encuentran dentro de un GMAO

Órdenes de trabajo. Este apartado consiste en la asignación de recursos humanos, costes, reserva de material, seguimiento de información importante como causa del problema, duración del fallo y recomendaciones para acciones futuras.⁵⁶

Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo se centrará en el seguimiento de las tareas de mantenimiento, creación de instrucciones o checklists y lista de materiales necesarios entre otros. Normalmente, los GMAO

⁵³ (GMAO, 2016)

⁵⁴ (GMAO, 2016)

⁵⁵ (GMAO, 2016)

⁵⁶ (GMAO, 2016)

programan procesos de mantenimiento automáticamente basándose en agendas o la lectura de diferentes parámetros.

Gestión de activos: Este apartado consta del registro referente a los equipos y propiedades de la organización, incluyendo detalles, información sobre garantías, contrato de servicio, partes de repuesto y cualquier otro parámetro que pueda ser de ayuda para la gestión. Además, también pueden generar parámetros como los índices de estado de las infraestructuras. ⁵⁷

Recursos humanos: El punto siguiente establece el control y gestión de los recursos humanos del área o servicio de mantenimiento.

Control de inventarios: El control de inventarios en los planes de mantenimiento supone una de las tareas más relevantes a la hora de gestionar. En este punto es importante destacar: la gestión de partes de repuesto, herramientas y otros materiales incluyendo la reserva de materiales para trabajos determinados, registro del almacenaje de los materiales, previsión de adquisición de nuevos materiales, etc. ⁵⁸

Seguridad: Este apartado consta de aspectos relevantes a la hora de realizar las diferentes tareas de mantenimiento, como puede ser la gestión de los permisos y documentación necesaria para cumplir la normativa de seguridad. Estas especificaciones pueden incluir accesos restringidos, riesgo eléctrico o aislamiento de productos y materiales o información sobre riesgos, entre otros.

59

⁵⁷ (GMAO, 2016)

⁵⁸ (GMAO, 2016)

⁵⁹ (GMAO, 2016)

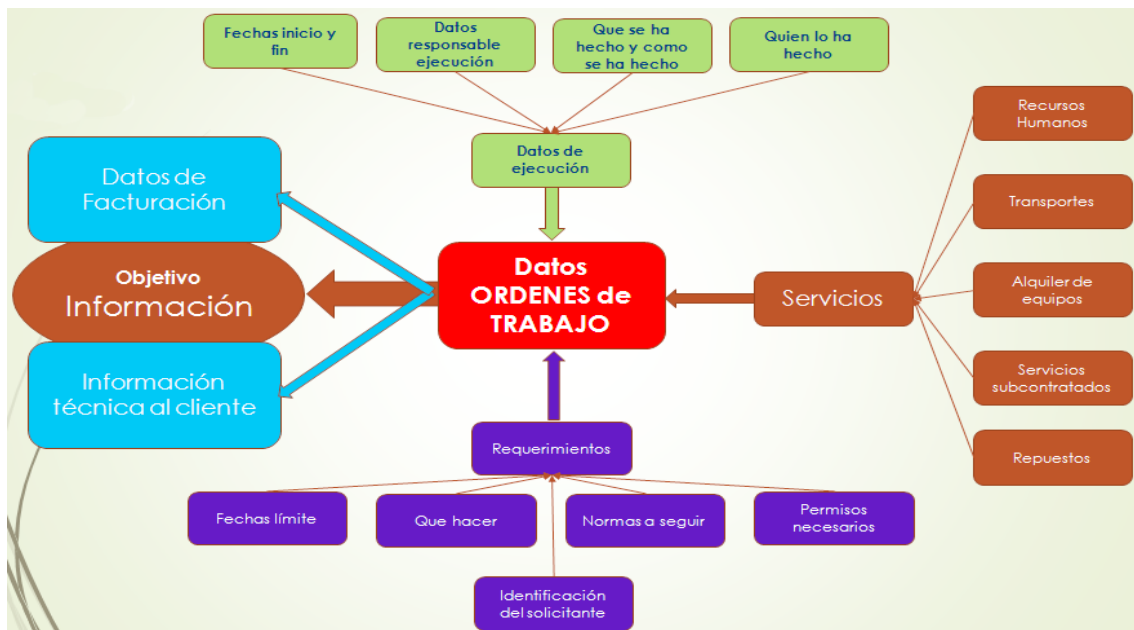


Ilustración 25: Diagrama de flujo de un programa GMAO (C.Rodríguez, 2015)

8.2. Funciones principales del GMAO

Las funciones principales de un GMAO son:

- Gestión, de manera eficaz y segura, de toda la información relacionada con el mantenimiento de forma que pueda ser accesible en cualquier momento.⁶⁰
- Planificación y control del mantenimiento, en donde vendría incluido las herramientas necesarias para realizar esta labor de forma sencilla.⁶¹
- Control de la información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base de datos para la correcta toma de decisiones.⁶²

8.3. Beneficios de los programas GMAO

El programa GMAO permite disponer de una gran cantidad de información de forma fácil y adecuada de extraer. Con ello se puede conseguir un historial de

⁶⁰ (GMAO, 2016)

⁶¹ (GMAO, 2016)

⁶² (GMAO, 2016)

cada equipo, componentes o máquinas, aunque estas sean de características técnicas (averías, revisiones, sustituciones, fechas de incidencia, materiales utilizados en las soluciones de los problemas, etc).

También se puede programar en función de los parámetros que se decidan (revisiones preventivas y/o predictivas). Con ello se genera una lista para la tarea de los técnicos según los plazos indicados.

Una de las ventajas que tiene un programa GMAO y/o stock de repuestos, la cual informa de un mínimo de piezas determinado, generando incluso una orden de compra. ⁶³

8.4. Software utilizado para realizar el plan de mantenimiento: RENOVEFREE

Renovefree es un software de mantenimiento por ordenador. La empresa de ingeniería y formación Renovetec ha desarrollado un software de gestión de mantenimiento, de descarga gratuita, especialmente orientado al sector de las energías renovables. En dicho programa se permite realizar la gestión de mantenimiento de cualquier sistema o cualquier componente que lleve un mantenimiento programado. ⁶⁴

Es un programa completamente operativo, no tiene caducidad, ningún pago inicial o periódico, no tiene condiciones ni costes ocultos de ningún tipo y las sucesivas actualizaciones tampoco tienen coste.

El programa también permite elaborar el plan de mantenimiento de la instalación, incluso de una forma automatizada en las versiones más avanzadas, avisa de cuando tocan las revisiones programadas, permite crear y gestionar órdenes de trabajo de incidencias y averías, gestionar la seguridad en las intervenciones e incluso llevar un control del stock de piezas de repuesto. ⁶⁵

⁶³ (GMAO, 2016)

⁶⁴ (RENOVETEC, 2016)

⁶⁵ (RENOVETEC, 2016)

Además de la versión gratuita existen dos versiones avanzadas, que por un pequeño coste permiten funcionalidades adicionales que no posee la versión gratuita, como cargas masivas de datos, funcionamiento en red, copias de seguridad, gestión económica de órdenes de trabajo, cálculo automático de indicadores, auditorías de mantenimiento, etc. ⁶⁶

El único inconveniente de este software es la imposibilidad de exportar todo el plan de mantenimiento a un formato.docx o .pdf. Lo único que se puede exportar son una serie de tablas en Excel de las sucesivas órdenes de trabajo. ⁶⁷

A continuación, se expondrá una serie de imágenes en las cuales se explica la elaboración del plan de mantenimiento en el GMAO nombrado anteriormente.

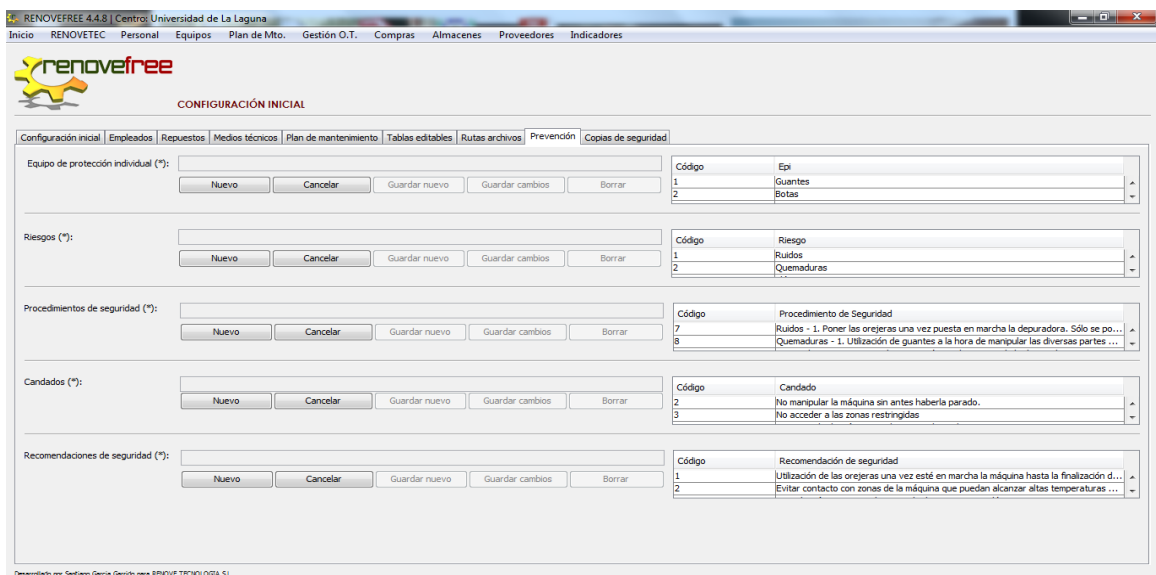


Ilustración 26: Configuración inicial del GMAO

Esta ilustración del GMAO de mantenimiento hace referencia al primer paso a realizar a la hora de configurar el plan de mantenimiento. En esta ilustración se observa los pasos a completar a la hora de rellenar la configuración inicial del sistema, los cuales son:

⁶⁶ (RENOVETEC, 2016)

⁶⁷ (RENOVETEC, 2016)

- Configuración Inicial. Donde vendrá especificado los pasos iniciales de mantenimiento.
- Empleados. Consta del número de empleados y la función de cada uno de los mismos.
- Repuestos. Se realiza un catálogo de las herramientas y los repuestos a necesitar.
- Medios técnicos. Consta de los medios técnicos necesarios para elaborar el plan de mantenimiento.
- Plan de mantenimiento. Donde se realizará el plan de mantenimiento con las diferentes pautas a seguir.
- Tablas editables. Tablas en las cuales se pueden colocar diferentes observaciones.
- Rutas archivos. Se especificará donde se han de guardar los archivos exportados en CSV.
- Prevención. Se elaborarán las convenientes plantillas de seguridad en función de las tareas que se vayan a realizar.
- Copias de seguridad. Donde vendrá la opción de obtener una copia de seguridad de toda la configuración inicial.

The screenshot displays the 'ESTRUCTURA JERÁRQUICA' (Hierarchical Structure) section of the RENOVETEC software. The interface includes a navigation menu at the top with options like 'Inicio', 'RENOVETEC', 'Personal', 'Equipos', 'Plan de Mto.', 'Gestión O.T.', 'Compras', 'Almacenes', 'Proveedores', and 'Indicadores'. The main content area is divided into three panels:

- Left Panel:** 'Estructura jerárquica del centro: Aljibe " Santa Cruz de Tenerife"'. It shows a tree view of systems and subsystems with their respective codes. The selected item is 'Subsistema: TUBERIAS DE AGUA | Código: 51101'.
- Middle Panel:** 'Listado de equipos:'. It lists equipment items associated with the selected subsystem, including 'TUBERIA DE AGUA METALICA', 'TUBERIA DE AGUA DE CIRCUITO DE REFRIGERACION', 'MEDIDORES DE CAUDAL', and 'INTERRUPTOR DE FLUJO DE AGUA'.
- Right Panel:** A control panel with buttons for 'Añadir Área', 'Añadir Sistema', 'Añadir Subsistema', and 'Añadir Equipo'. Below these buttons, it shows the 'Selección actual: Subsistema' with 'Código: 51101' and 'Nombre: TUBERIAS DE AGUA'. There are also buttons for 'Ir o editar selección' and 'Borrar selección'.

Ilustración 27: Estructura jerárquica por funciones

En este paso se realiza, como se observa en la imagen, cómo llevar a cabo una estructura jerárquica por funciones de cada uno de los componentes de los que está formado el sistema de bombeo. En dicha estructura jerárquica se plasmará el área en la que se va a trabajar.

Posteriormente se irá cumplimentando con los consiguientes sistemas de los que está compuesto el sistema de bombeo. Una vez rellenado todos los sistemas, se pasaría a rellenar cada uno de los subsistemas y, dentro de cada subsistema, los diferentes equipos. Es importante destacar que a la hora de ir cumplimentando la estructura jerárquica es primordial empezar de lo más general, en este caso el área, a lo más específico, en este caso los equipos, ya que de no ser así el programa podría dar un error.

The screenshot shows the 'Sistemas' software interface. At the top, there is a navigation bar with buttons for 'Nuevo', 'Guardar cambios', 'Guardar', 'Guardar y Nuevo', 'Cancelar', and 'Salir'. Below this, the 'SISTEMAS' section is visible, with 'ID SISTEMA: 9' on the right. The main area is divided into tabs: 'Datos generales', 'Órdenes de trabajo', and 'Mantenimiento programado'. The 'Mantenimiento programado' tab is active, showing a 'Historico de Mantenimiento Programado' section with filters for 'Desde', 'Hasta', and 'Filtrar por fecha'. Below the filters is a table with the following data:

Nº de O.T.	Intervención tipo	Descripción	Tipo de O.T.	Estado	Especialidad	Proyecto	Ítem
2	Depuradora de fuel, Mensual, Electro...		Preventivo programado	Pendiente	Electromecánica	Predictivo	MECÁNICOS
5	Depuradora de fuel, Anual, Electrome...		Preventivo programado	Pendiente	Electromecánica	Preventivo	MECÁNICOS
6	Depuradora de fuel, Mensual, Electro...		Preventivo programado	Pendiente	Electromecánica	Predictivo	MECÁNICOS
8	Depuradora de fuel, Trimestral, Electr...		Preventivo programado	Pendiente	Electromecánica	Preventivo	MECÁNICOS
19	Depuradora de fuel, Trimestral, Electr...		Preventivo programado	Pendiente	Electromecánica	Preventivo	MECÁNICOS
25	Depuradora de fuel, Diaria, Mecánica		Preventivo programado	Pendiente	Mecánica	Preventivo	MECÁNICOS
28	Depuradora de fuel, Diaria, Mecánica		Preventivo programado	Pendiente	Mecánica	Correctivo	MECÁNICOS
47	Depuradora de fuel, Mensual, Mecánica		Preventivo programado	Pendiente	Mecánica	Correctivo	MECÁNICOS
48	Depuradora de fuel, Semanal, Mecánica		Preventivo programado	Pendiente	Mecánica	Preventivo	MECÁNICOS
50	Depuradora de fuel, Trimestral, Mecán...		Preventivo programado	Pendiente	Mecánica	Correctivo	MECÁNICOS

Below the table is a 'Protocolo de Mantenimiento' section with a table of tasks:

Tarea	Tipo de Tarea	Frecuencia	Especialidad	Tiempo
Realizar inspección exterior: eliminar oxidaciones y corrección de fugas	Inspección detallada	Mensual	Mecánica	10
Revisar vasos de expansión y depósitos pulmón según protocolo de vasos de expansión cerrados	Inspección detallada	Semestral	Mecánica	10
Revisar válvulas manuales de interrupción y válvulas de retención según protocolo de válvulas	Inspección detallada	Semestral	Mecánica	5
Verificar y realizar contraste de válvulas de seguridad	Inspección detallada	Semestral	Mecánica	5
Verificar estado y funcionamiento de presostatos de maniobra y seguridad	Verificación de funcionamiento	Semestral	Mecánica	5
Realizar contraste de presostatos	Medición con elemento externo	Semestral	Eléctrica	3
Realizar inspección de la instalación eléctrica: inexistencia de cables mojados. Apretar conexiones	Inspección detallada	Anual	Eléctrica	5

At the bottom of the interface, there is a footer with the text: 'Desarrollado por Santiago Garcia Garrido para RBDIVE TECNOLOGIA SL. © Santiago Garcia Garrido 2014. Todos los derechos reservados.'

Ilustración 28: Mantenimiento programado a un sistema

En esta imagen se realiza el mantenimiento programado de un sistema en concreto. En él queda detallado los datos generales a cumplimentar del sistema, las órdenes de trabajo específicas para el sistema o equipos que se encuentran dentro del mismo, y el mantenimiento programado llevado a cabo por intervenciones de carácter diario, semanal, mensual, trimestral o anual. En la parte inferior se observa las diferentes tareas asignadas a los equipos que componen el sistema.

The screenshot displays the 'PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO' software interface. At the top, there is a navigation menu with options like 'Inicio', 'RENOVETEC', 'Personal', 'Equipos', 'Plan de Mto.', 'Gestión O.T.', 'Compras', 'Almacenes', 'Proveedores', and 'Indicadores'. Below the menu is the 'renovetec' logo and the title 'PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO'. The main area is divided into two sections: a left sidebar with a tree view of equipment categories and a right panel with buttons for 'Añadir familia', 'Añadir subfamilia', 'Añadir equipo genérico', and 'Copiar equipo genérico seleccionado'. Below these buttons is the 'Selección actual:' section, which shows the selected equipment: 'BOMBA CENTRÍFUGA PEQUEÑO CAUDAL AGUA MONOTAPA VERTICAL-COPIA'. Below this, there are buttons for 'Ir o Editar selección', 'Borrar selección', and 'Actualizar estructura jerárquica'. At the bottom, there is a table of maintenance protocols with the following data:

Tarea	Tipo de Tarea	Frecuencia	Especialidad	Tiempo
Verificar ausencia de fugas	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	5
Verificar que no tiene elementos externos sueltos o desmontados	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar que el equipo, en funcionamiento normal, no tiene ruidos o vibraciones anormales	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar presiones de E/S de agua	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Comprobar nivel de lubricante de cojinetes	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar que no se detectan olores anormales	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar señalización y cartelería de los equipos	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar correcto estado de etiquetas identificativas	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar el buen estado de la placa de características	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Realizar inspección visual de la estanquidad de tuberías que conectan con el equipo	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	5
Realizar inspección visual de estado de pintura exterior	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	5
Realizar inspección visual de estado de soportes	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	5
Realizar inspección visual de soldaduras	Inspección de...	Anual	Electromecánica	60
Realizar inspección visual del estado de la cimentación o bancada del equipo	Inspección de...	Anual	Electromecánica	5

Ilustración 29: Protocolos de mantenimiento

La siguiente imagen se muestra tanto los protocolos de mantenimiento preestablecidos por el programa como los asignados posteriormente. En la parte inferior se puede comprobar las tareas asignadas a cada uno de los equipos genéricos, el tipo de tarea específica, la frecuencia con la que se debe realizar cada una de las tareas, la especialidad y el tiempo empleado en realizarla.

Inicio RENOVETEC Personal Equipos Plan de Mto. Gestión O.T. Compras Almacenes Proveedores Indicadores

renovetec

PLAN DE MANTENIMIENTO

Nº de gamas obtenidas: 15
 Nº de tareas del plan de mantenimiento: 97
 Gamas agrupadas por: Áreas

Gamas del plan de mantenimiento: Ordenar tabla por: Gama Especialidad Frecuencia

Gama	Especialidad	Frecuencia	Fecha	Tiempo estimado	Tiempo preparación
SISTEMA DE BOMBEO	Eléctrica	Anual	2016-05-31	18	30
SISTEMA DE BOMBEO	Eléctrica	Semestral	2016-05-31	3	30
SISTEMA DE BOMBEO	Eléctrica	Trimestral	2016-05-31	15	30
SISTEMA DE BOMBEO	Electromecánica	Anual	2016-05-31	210	30
SISTEMA DE BOMBEO	Electromecánica	Mensual	2016-05-31	31	30
SISTEMA DE BOMBEO	Electromecánica	Semestral	2016-05-31	175	30
SISTEMA DE BOMBEO	Electromecánica	Trimestral	2016-05-31	103	30
SISTEMA DE BOMBEO	Mecánica	Anual	2016-05-31	560	30
SISTEMA DE BOMBEO	Mecánica	Diaria	2016-05-31	40	30

Gamas del plan mantenimiento

Generar el plan de mantenimiento Exportar Gamas a csv Exportar Tareas a csv

Añadir gama Borrar gama

Fecha inicio (primera realización): 31-may-2016 Guardar fecha en gamas seleccionadas Borrar fecha en gamas seleccionadas

Tiempo preparación: Guardar tiempo de preparación en gamas seleccionadas

Tareas de la gama seleccionada:

Cod Tarea	Tarea	Subsistema	Equipo	Tiempo
741	Verificar estado y funcionalidad de enclavamientos eléctricos entre bombas y otros equipos	21	21501001	5
742	Verificar la apertura y cierre de las válvulas automáticas de control, en modo manual, desenchavando los servomotores	52001	52001001	20
743	Realizar inspección de andajes y mordazas de servomotores. Apretar de prisioneros	52001	52001001	30
744	Realizar inspección de circuitos eléctricos de fuerza y maniobra de servomotores. Apretar conexiones	52001	52001001	30
745	Verificar enclavamiento de los servomotores y del libre movimiento, y actuación correcta de las válvulas en respuesta a las...	52001	52001001	30
746	Verificar recorridos de apertura y cierre de válvulas automáticas	52001	52001001	30
747	Verificar contactos de final de carrera de servomotores	52001	52001001	30

Desarrollado por Santiago Garcia Garrido para RENOVETEC TECNOLOGIA S.L.

Añadir tarea Editar tarea Borrar tarea

Ilustración 30: Plan de mantenimiento

Una vez establecida la estructura jerárquica y los protocolos de mantenimiento, se genera el plan de mantenimiento llevado a cabo por medio de gamas, que en este caso sería el sistema de bombeo, la especialidad en la que se encuentra la tarea que se va a realizar, la frecuencia, la fecha para la cual se va a llevar a cabo, el tiempo estimado y el tiempo de preparación. En la parte inferior se puede observar las tareas asignadas a cada uno de los sistemas, con sus correspondientes códigos y el tiempo en la cual se va a realizar dicha tarea.

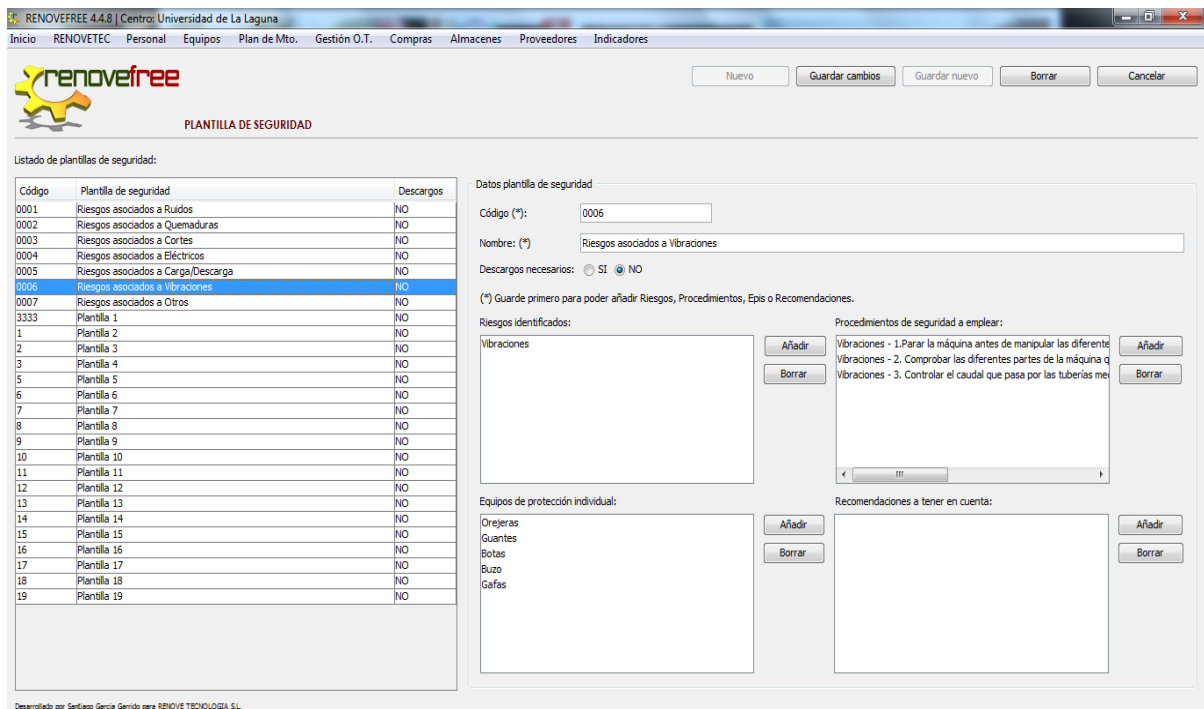


Ilustración 31: Plantillas de seguridad

Un proceso importante a la hora de diseñar el plan de mantenimiento en un programa GMAO consiste en verificar cada una de las plantillas de seguridad que se han utilizado para ser asignadas a cada una de las tareas establecidas en el plan de mantenimiento. Cada una de estas plantillas está provista de unos riesgos identificados, los procedimientos de seguridad a emplear, los equipos de protección individual y las recomendaciones a tener en cuenta.

A su vez, se pueden elaborar plantillas tipo para varias tareas. Estas plantillas se utilizan para no tener que marcar una misma plantilla para varias tareas, sino realizar una plantilla general que las englobe a todas.

renovefree

ORDENES DE TRABAJO

Nº de O.T.: 75

Datos O.T. | Planificación O.T. | Permiso de trabajo (Seguridad) | Reporte O.T. | Control económico

Planificación O.T.

Guardar como intervención tipo | Guardar

Tareas:

Cod Tarea	Tarea	Subsistema	Equipo	Resultado	Hecho
962	Comprobar temperatura	2101	21012		
963	Comprobar vibraciones.	2101	21012		
964	Comprobar índices de ruido.	2101	21012		
965	Comprobar lubricación	2102	21021		
966	Comprobar lubricación	2102	21022		

Fecha programada (*): 13-jun-2016 | Horas hombre estimadas: 0

Técnicos asignados: Joel, García Rodríguez

Herramientas: Plano, Torx, Chicharra, Sthilson, Inglesa, Hexagonal, Plano, Phillips, De goma, 0,5 Kg

Familia herramientas: Martillo

Adjuntar procedimientos o documentación:

Ilustración 32: Especificación de una orden de trabajo

A continuación, se lleva a cabo la planificación de cada una de las órdenes de trabajo. Cada orden de trabajo consta de los siguientes elementos:

- Datos de la orden de trabajo. En este apartado vendrá estipulado el tipo de proyecto y el tipo de intervención de la orden de trabajo al igual que la prioridad con la que se va a llevar a cabo.
- Planificación de la orden de trabajo. En este punto se marcarán las personas encargadas de realizar las diferentes tareas, al igual que el material necesario para su realización y alguna documentación adjunta.
- Permiso de trabajo (seguridad). En este punto se asignará una plantilla de seguridad a un grupo de tareas en específico.
- Reporte de las órdenes de trabajo. Se realizará en aquellos casos en los que se termine la orden de trabajo y haya que rellenar un informe, marcando las observaciones al respecto y los empleados que se encararon de realizarla.
- Control económico. En este punto se marcará los repuestos que fueran necesarios, al igual que los almacenes y los proveedores.

8.5. Mantenimiento realizado a la bomba de agua

El mantenimiento de los componentes de cualquier máquina requiere una especial atención dependiendo del uso y las características a las que son sometidos. Por ello hay que determinar las tareas a realizar a cada una de estas piezas buscando el buen estado y funcionamiento de las mismas para asegurar y alargar la vida útil de la máquina.

A continuación, se realizará el plan de mantenimiento de la bomba centrífuga de agua. Se ha escogido este elemento porque supone un componente vital en el sistema de bombeo del buque.

Tareas de mantenimiento: Bomba centrífuga de agua.

PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO

Selección actual:
BOMBA CENTRÍFUGA PEQUEÑO CAUDAL AGUA MONOETAPA VERTICAL-COPIA

Tarea	Tipo de Tarea	Frecuencia	Especialidad	Tiempo
Verificar ausencia de fugas	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	5
Verificar que no tiene elementos externos sueltos o desmontados	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar que el equipo, en funcionamiento normal, no tiene ruidos o vibraciones anormales	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar presiones de E/S de agua	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Comprobar nivel de lubricante de cojinetes	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar que no se detectan olores anormales	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar señalización y cartelería de los equipos	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar correcto estado de etiquetas identificativas	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Verificar el buen estado de la placa de características	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	2
Realizar inspección visual de la estanqueidad de tuberías que conectan con el equipo	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	5
Realizar inspección visual de estado de pintura exterior	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	5
Realizar inspección visual de estado de soportes	Inspección de...	Trimestral	Electromecánica	5
Realizar inspección visual de soldaduras	Inspección de...	Anual	Electromecánica	60
Realizar inspección visual del estado de la cimentación o bancada del equipo	Inspección de...	Anual	Electromecánica	5

Ilustración 33: Tareas de mantenimiento

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo que se lleva a cabo a la bomba se centra en una serie de tareas incorporadas en el programa con sus respectivas frecuencias, especialidad y el tiempo que se tarda en realizar cada una de ellas. Algunas de estas tareas son las siguientes:

- Verificar que no se detectan valores anormales: mantenimiento trimestral que trata de determinar si existen valores fuera de los valores predeterminados especificados por el fabricante de la bomba. Además, si se observan valores extraños se puede proceder a un análisis de vibraciones y al uso de termografías.
- Verificar el buen estado de la placa de características: mantenimiento trimestral. Se realiza una inspección visual de la placa de características de la bomba de agua para comprobar que esta no sufre ningún tipo de desperfecto que pueda ocasionar fallos en la lectura de los parámetros de la bomba y estos, a su vez, ocasionen riesgos graves en el elemento en cuestión.
- Verificar ausencia de fugas: mantenimiento trimestral. Esta tarea consiste en comprobar los sellos mecánicos o empaquetaduras, así como las partes más propensas de la bomba a sufrir fugas. En caso de que existieran se aplicaría las correspondientes tareas correctivas.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo que se lleva a cabo a la bomba se centra en una serie de tareas incorporadas en el programa con sus respectivas frecuencias, especialidad y el tiempo que se tarda en realizar cada una de ellas. Algunas de estas tareas son las siguientes:

- Comprobar nivel de lubricante de cojinetes: mantenimiento trimestral. Se lleva a cabo la comprobación del nivel de lubricante de cada uno de los cojinetes que se encuentran en la bomba de agua de pequeño caudal de acuerdo con las especificaciones del fabricante. En caso de que los

valores fueran inferiores a los establecidos, se aplicarían las correspondientes medidas correctivas.

- Verificar que no tiene elementos externos sueltos o desatornillados. Mantenimiento trimestral. Consiste en comprobar los enganches de cada uno de los elementos auxiliares de la bomba, para evitar que se produzcan problemas una vez esté en funcionamiento.

A continuación, se expondrá una tabla con los datos proporcionados por el programa en la cual se puede consultar el presupuesto anual del mantenimiento aplicado a una bomba centrífuga de agua.

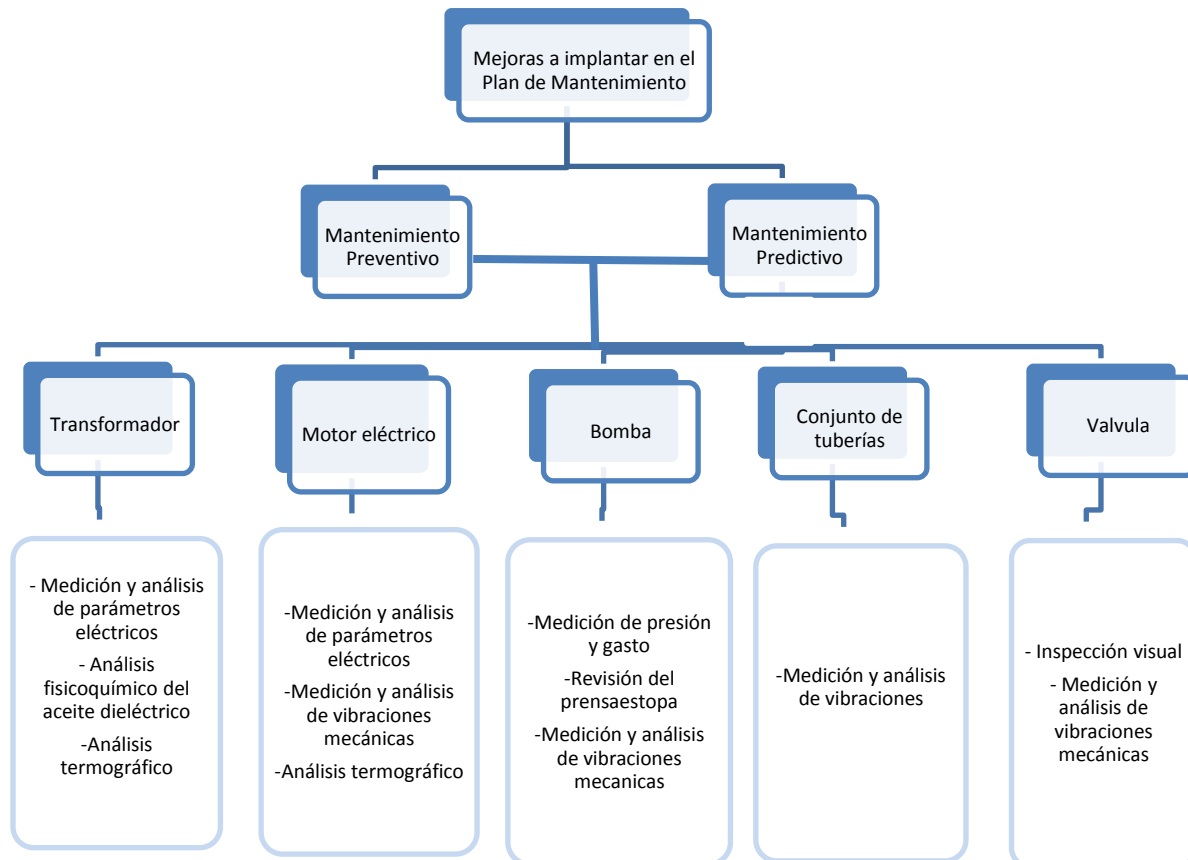
Tarea	Especialidad	Frecuencia / Tipo	Tiempo Requerido	Nº Operarios	Coste Hora/Operario	Coste anual
Verificar valores anormales	Mecánica - Eléctrica	Trimestral Predictivo	2 min	2	13€/hora	13€
Verificar buen estado placa características	Mecánica- Eléctrica	Trimestral Predictivo	2 min	2	13€/hora	13€
Verificar ausencia de fugas	Mecánica - Eléctrica	Trimestral Predictivo	5 min	2	13€/hora	13€
Comprobar nivel de lubricante de cojinetes	Mecánica - Eléctrica	Trimestral Preventivo	2 min	2	13€/hora	13€
Verificar que no existen elementos auxiliares sueltos	Mecánica - Eléctrica	Trimestral Predictivo	2 min	2	13€/hora	13€
Revisión de presión y gasto	Mecánica - Eléctrica	Mensual Predictivo	5 min	2	13€/hora	13€
Revisión del prensaestopa	Mecánica - Eléctrica	Mensual Predictivo	5 min	2	13€/hora	13€
Medición y análisis de vibraciones mecánicas	Mecánica - Eléctrica	Anual Predictivo	30 min	2	26€/hora	26€
						Coste Total Σ=104€

Tabla 10: Presupuesto del mantenimiento aplicado a la bomba de agua

9. Mejoras en el plan de mantenimiento del sistema de bombeo del aljibe

Las mejoras que se van a implantar en el sistema de mantenimiento del aljibe y, a su vez, en el programa GMAO, se van a centrar, principalmente, en aquellos dos tipos de mantenimiento que, en la actualidad, no se llevan a cabo, los cuales son tanto el mantenimiento preventivo como el predictivo. En este aspecto hay muchas tareas que se pueden realizar a cada uno de los elementos, como se pudo apreciar anteriormente. Muchas de ellas no necesitan ningún otro dispositivo de los necesarios para realizar las medidas correctivas. No obstante, hay acciones que precisan de aparatos específicos como pueden ser los analizadores de vibraciones o las cámaras termográficas para su realización.

En este aspecto, se ha elegido algunas de las más relevantes de los mantenimientos tanto preventivo como predictivo a realizar en el nuevo plan de mantenimiento, en el cual se adjunta a las ya realizadas medidas correctivas



A su vez, el presupuesto, tanto el suministrado por la Autoridad Portuaria como el de la empresa, se verán modificados por el hecho de realizar tareas más específicas a cada uno de los componentes, lo que traerá como resultado la mayor eficiencia del aljibe.

9.1. Tareas predictivas a implantar en el plan de mantenimiento del aljibe

9.1.1. Mantenimiento predictivo al transformador

9.1.1.1. Medición y análisis de parámetros eléctricos

Esta tarea se centra, principalmente, en realizar mediciones eléctricas periódicas de carácter mensual al transformador gracias a la utilización de equipos de mediciones digitales con memorias internas con el fin de poder atestiguar anomalías y poder realizar el correspondiente mantenimiento correctivo. Las mediciones más representativas a realizar son las siguientes: ⁶⁸

- Corriente (A) (Será necesario la utilización de un amperímetro)
- Voltaje (V) (Será necesario la utilización de un voltímetro)
- Factor de Potencia (FP) (Será necesario la utilización de un cosenofímetro)
- Potencia Eléctrica (kW) (Será necesario la utilización de un vatímetro)
- Resistencia de aislación (Será necesario la utilización de un megóhmetro)
- Distorsión de armónicas (THD%) (Será necesario la utilización de un analizador de red). ⁶⁹

Es importante realizar las tareas de medición mensualmente y a la hora de su aplicación se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Priorizar las distancias mínimas de seguridad con las partes en movimiento o energizadas.
- Utilizar los EPI's de seguridad adecuados a las tensiones suministradas.
- No realizar ningún tipo de reparación. ⁷⁰

⁶⁸ (Garrido, 2009)

⁶⁹ (Garrido, 2009)

⁷⁰ (Garrido, 2009)

Con los datos de las mediciones de la potencia eléctrica demandada por los componentes eléctricos que componen el sistema de bombeo, se calculará el factor de carga al que está trabajando el transformador.

Para conseguir la máxima eficiencia en un transformador, este debe trabajar entre el 35% y 40% de la carga. No obstante, conseguimos unos valores de eficiencia óptimos con valores entre el 30% y 90% de la carga. Para valores superiores al 90% de carga no es recomendable la utilización del transformador por dos motivos principales: ⁷¹

- La eficiencia cae de manera notable.
- Disminución de la vida útil del transformador.

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual (Tareas programadas de 30 minutos)	550 euros (En torno a los 60€/h)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida - Problemas reflejados en el propio transformador - Inexistencia de corriente en el propio buque

Tabla 11: Tabla general del análisis de medidas del transformador

⁷¹ (Garrido, 2009)



Ilustración 34: Comprobación de parámetros eléctricos en un transformador (Codensa S.A., 2016)

9.1.1.2. Análisis fisicoquímico del aceite dieléctrico del transformador

Se debe efectuar este análisis para determinar el estado del aceite dieléctrico, así como las necesidades de procesarlo para que recupere sus características fisicoquímicas. Es necesario realizar esta tarea anualmente. ⁷²

Es importante medir el nivel de aceite dieléctrico constantemente debido a que pérdidas o índices superiores a los establecidos pueden provocar un calentamiento excesivo en el transformador. ⁷³

Para su análisis, se toma una muestra del aceite y se realizan las siguientes pruebas:

- Rigidez dieléctrica norma astm d- 877:07
- Contenido de humedad norma astm d- 1533:00(05)
- Número de neutralización norma astm d- 974:08
- Gravedad específica norma astm d- 1298:99(05)
- Tensión interfacial norma astm d- 971: 99a (04)
- Color norma astm d- 1500: 07 ⁷⁴

En el caso del aljibe, el análisis del aceite dieléctrico lo realizaría una empresa subcontratada por Talleres Quintana (la empresa que se encarga de las tareas

⁷² (Garrido, 2009)

⁷³ (Garrido, 2009)

⁷⁴ (Enel Spa, 2016)

de mantenimiento), ya que es necesario instrumentación específica para este tipo de análisis.



Ilustración 35: Análisis de aceite dieléctrico (Rymel, 2016)

A su vez, el precio orientativo de este tipo de análisis (englobando las pruebas nombradas anteriormente) sería el señalado en la siguiente tabla:

TIPO DE ANALISIS	PRUEBA / ENSAYO	NORMA ASTM	PRECIO	
Grupo de Pruebas Físicoquímicas	Contenido de Humedad (Método Karl Fisher)	D 1533	130,51	
	Rigidez Dieléctrica a 1mm o 2mm	D 1816		
	Índice Colorimétrico (Escala del Color ASTM)	D 1500		
	Tensión Interfacial (Método de la Gota)	D 971		
	Número de Neutralización (Método de Titulación Automática)	D 974		
	Factor de Potencia a 25 ° C	D 924		
Grupo de Pruebas Mantenimiento Predictivo	Grupo Ensayos Físicoquímicas	Contenido de Humedad	D 1533	223,36
		Rigidez Dieléctrica	D 1816	
		Índice Colorimétrico	D 1500	
		Tensión Interfacial	D 971	
		Numero de Neutralización	D 974	
		Factor de Potencia	D 924	
	Análisis y Determinación de PCB's KIT CLOR N - OIL 50	EPA 9079		

Tabla 12: Precios de los análisis del aceite (Codensa S.A., 2016)

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo de pruebas fisicoquímicas: 130,51€ - Grupo de pruebas mantenimiento predictivo: 223,36€ 	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en el propio aceite.

Tabla 13: Tabla general del análisis del aceite dieléctrico

9.1.1.3. Análisis termográfico del transformador

La termografía infrarroja es una técnica que nos posibilita poder comprobar la temperatura de cada uno de los componentes que forman un equipo evitando el contacto con la superficie de cada uno de ellos. Gracias a la relación entre la radiación infrarroja y la temperatura las mediciones dadas por el análisis termográfico se pueden convertir en mediciones de temperatura, verificando la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, y transformando las mediciones dadas por el análisis en señales eléctricas.⁷⁵

El análisis termográfico consiste en realizar una radiografía del espectro infrarrojo en el transformador. Una vez realizado el análisis se podrá comprobar la variación de color correspondiente con los diferentes valores de temperatura, al igual que se señalará los componentes dañados. Es recomendable realizar mediciones sobre los siguientes componentes:⁷⁶

- Bote del transformador.
- Radiador.
- Conexiones y terminales mecánicas, incluidas las boquillas.

⁷⁵ (Garrido, 2009)

⁷⁶ (Garrido, 2009)

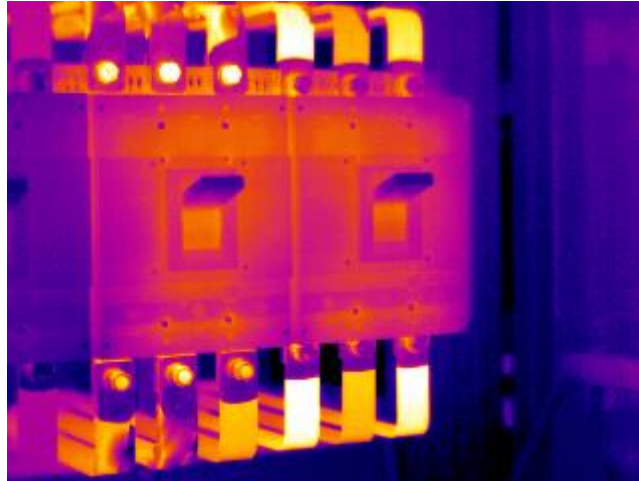


Ilustración 36: Visión termográfica de un radiador (Unavarra, 2016)

En aquellos casos en los que no dispongamos de una cámara termográfica, podremos realizar las diversas mediciones por medio de un pirómetro infrarrojo.

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	380€ (31, 67€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en el transformador. - Inexistencia de corriente en el propio buque.

Tabla 14: Tabla general del análisis termográfico del transformador

9.1.2. Mantenimiento predictivo del motor

9.1.2.1. Medición y análisis de parámetros eléctricos

Es importante realizar revisiones periódicas constantes para detectar posibles problemas y corregirlos fácilmente, sin necesidad de tener el motor parado con las pérdidas que esto traería. Los posibles problemas que pueden darse en un motor son los siguientes: ⁷⁷

⁷⁷ (Garrido, 2009)

- Voltaje distinto al especificado por el fabricante del motor.
- Desbalance del voltaje.
- Desbalance de corriente.
- Desbalance de potencia.
- Presencia de distorsión armónica.
- Bajo factor de potencia. ⁷⁸

Se deben señalar, en el monitoreo de cada uno de estos parámetros, las siguientes precauciones:

- Mantener las distancias de seguridad con aquellas partes energizadas o en movimiento.
- Utilizar los EPI's necesarios y adecuados a las tensiones suministradas por el motor.

Una vez obtenidas las mediciones de la potencia activa demandada, será necesario calcular el factor de carga con el que trabaja el motor. Valores por debajo del 40% de factor de carga indicará baja eficiencia en la operación, y valores superiores al 100% de factor de carga nos advertirá de un envejecimiento acelerado del motor. ⁷⁹

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	180€ (15€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en el motor. - Inexistencia de corriente en el propio buque.

Tabla 15: Tabla general de análisis y mediciones de parámetros eléctricos

⁷⁸ (Garrido, 2009)

⁷⁹ (Garrido, 2009)

9.1.2.2. Medición y análisis de vibraciones mecánicas en el motor

Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son: pérdidas de energía, aumento de los esfuerzos y las tensiones, desgaste de materiales, y las más importantes y más perjudiciales: daños por fatiga de los materiales, al igual que la formación de ruidos molestos en la zona de trabajo. En este aspecto, los parámetros a medir son los siguientes: ⁸⁰

- Desplazamiento.
- Frecuencia.
- Dirección.
- Velocidad y aceleración.

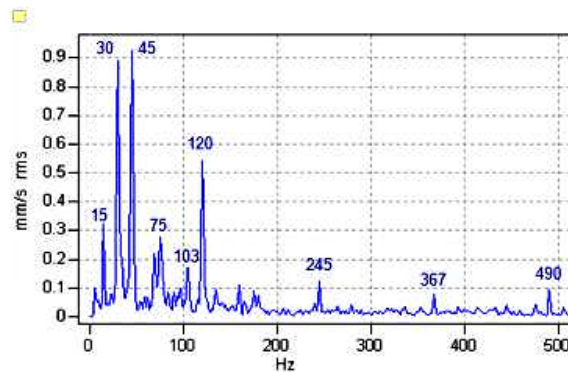


Ilustración 37: Espectro dado por un analizador de vibraciones (scielo.sld, 2016)

Estas mediciones se realizarán anualmente, por medio de un medidor de vibraciones mecánico portátil.

Sólo se podrá prescindir del medidor de vibraciones en aquellos casos en el que el personal de mantenimiento tenga la suficiente experiencia para poder distinguir la avería por el ruido que pueda generar el motor. ⁸¹

⁸⁰ (Garrido, 2009)

⁸¹ (Garrido, 2009)

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	52€ (26€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en el motor. - Inexistencia de corriente en el propio buque.

Tabla 16: Tabla general de análisis de vibraciones mecánicas del motor

9.1.2.3. Análisis termográfico del motor

A la hora de realizar las diversas mediciones se pueden realizar ya sea con una cámara termográfica o con un termómetro infrarrojo. Las partes más representativas que debemos medir son las siguientes: ⁸²

- Carcasa: valores de temperatura nos indicarán problemas en todas las posibles circunstancias, como por ejemplo una sobrecarga o daños en los devanados.⁸³
- Rodamientos: Valores de temperatura elevados, como en el caso de la carcasa, implican problemas en todas las circunstancias, en este caso influenciados por fricción, lubricación inadecuada o sobrecarga.⁸⁴

⁸² (Garrido, 2009)

⁸³ (Garrido, 2009)

⁸⁴ (Garrido, 2009)

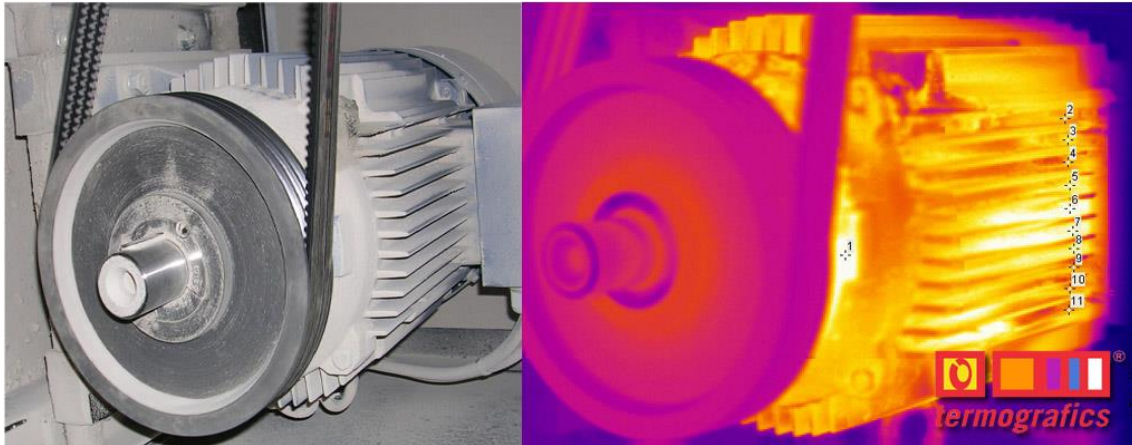


Ilustración 38: Visión termográfica de un motor eléctrico (latermografia.com, 2016)

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	380€ (31,67€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en el motor eléctrico. - Inexistencia de corriente en el propio buque.

Tabla 17: Tabla general de análisis termográfico del motor

9.1.3. Mantenimiento predictivo de la bomba

9.1.3.1. Medición de presión y gasto

De manera general, se recomienda medir los valores tanto de presión como de gasto mensualmente, al igual que es recomendable calcular la carga de bombeo. En el caso de que tanto la carga como el gasto de la bomba varían en un rango del 10% respecto a los valores establecidos por el fabricante de la bomba, será necesario aplicar medidas correctivas. ⁸⁵

⁸⁵ (Garrido, 2009)

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	190€ (15,83€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en la bomba.

Tabla 18: Tabla general de la medición de presión y gasto de la bomba

9.1.3.2. Revisión del prensaestopa

El prensaestopa, en una bomba, se utiliza para evitar fugas de líquido e impedir entradas de aire en los espacios de aspiración de la bomba. De acuerdo con la función del prensaestopa, a la hora de realizar su mantenimiento se comprobará que no existen fugas de líquido o que estas sean mínimas. En el caso de que la bomba tuviera sellos mecánicos, no debería existir ningún tipo de fuga, excepto por un breve periodo de tiempo. Sin embargo, cuando se utiliza prensaestopas, siempre existe una pequeña fuga.⁸⁶

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	190€ (15,83€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en la bomba.

Tabla 19: Tabla general de revisión del prensaestopa

9.1.3.3. Medición y análisis de vibraciones mecánicas en la bomba

Las consecuencias más representativas de las vibraciones mecánicas son las siguientes:

- Pérdidas de energía.
- Aumento de los esfuerzos y las tensiones.

⁸⁶ (Garrido, 2009)

- Desgaste de materiales.
- Ruidos molestos en el ambiente.
- Daños por fatiga de los materiales.⁸⁷

A la hora de realizar las diversas mediciones, los parámetros a controlar son:

- Desplazamiento.
- Frecuencia.
- Dirección.
- Velocidad y aceleración.

El aumento en los valores de las variables indicadas anteriormente indicará desalineación, desgaste, fallos en los rodamientos, desbalance mecánico, mala lubricación, etc. Las mediciones de las vibraciones en las bombas se realizan gracias a un medidor de vibraciones mecánicas portátil, y se deben realizar, como mínimo, una vez al año.⁸⁸

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	52€ (26€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en la bomba.

Tabla 20: Tabla general de análisis de vibraciones mecánicas en la bomba

9.1.4. Mantenimiento predictivo al conjunto de tuberías

9.1.4.1. Medición y análisis de vibraciones en el conjunto de tuberías

Como se mencionó anteriormente, las consecuencias más representativas de las vibraciones mecánicas son las siguientes:

- Pérdidas de energía.
- Aumento de los esfuerzos y las tensiones.

⁸⁷ (Garrido, 2009)

⁸⁸ (Garrido, 2009)

- Desgaste de materiales.
- Ruidos molestos en el ambiente.
- Daños por fatiga de los materiales.⁸⁹

A la hora de realizar las diversas mediciones, los parámetros a controlar son:

- Desplazamiento.
- Frecuencia.
- Dirección.
- Velocidad y aceleración.

Las mediciones centralizadas en obtener los valores de vibraciones se deben realizar anualmente, por medio de un medidor de vibraciones mecánicas portátil. Valores anómalos medidos por el instrumento mencionado anteriormente puede indicar:⁹⁰

- Cavitación en válvulas.
- Tubería floja.
- Transmisión de la vibración de la bomba.

Sólo se podrá prescindir del medidor de vibraciones en aquellos casos en el que el personal de mantenimiento tenga la suficiente experiencia para poder distinguir la avería por el ruido que pueda generar el motor.⁹¹

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	52€ (26€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en las tuberías.

Tabla 21: Tabla general de análisis de vibraciones mecánicas en el conjunto de tuberías

⁸⁹ (Garrido, 2009)

⁹⁰ (Garrido, 2009)

⁹¹ (Garrido, 2009)

9.1.5. Mantenimiento predictivo de válvulas

9.1.5.1. Inspección visual de válvulas

Esta inspección consiste en realizar un examen visual de los diferentes elementos que componen la válvula en busca de posibles fugas, como pueden ser juntas, conexiones o áreas de empaquetaduras o sellos.⁹²

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	144€ (12€/hora)	- Problemas reflejados en las válvulas.

Tabla 22: Tabla general de inspección visual de válvulas

9.1.5.2. Medición y análisis de vibraciones mecánicas en las válvulas

Como se mencionó en ocasiones anteriores, las consecuencias más representativas de las vibraciones mecánicas son las siguientes:

- Pérdidas de energía.
- Aumento de los esfuerzos y las tensiones.
- Desgaste de materiales.
- Ruidos molestos en el ambiente.
- Daños por fatiga de los materiales.⁹³

A la hora de realizar las diversas mediciones, los parámetros a controlar son:

- Nivel de ruido.
- Frecuencia.

De igual manera, el nivel de ruido puede ser causado por varias razones:

- Vibración mecánica de las guarniciones.
- Líquido que ocasiona cavitación.
- Estrangulación de la válvula.⁹⁴

⁹² (Garrido, 2009)

⁹³ (Garrido, 2009)

⁹⁴ (Garrido, 2009)

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	52€ (26€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en las válvulas.

Tabla 23: Tabla general de análisis de vibraciones mecánicas en las válvulas

9.2. Tareas preventivas a implantar en el plan de mantenimiento del aljibe

9.2.1. Mantenimiento preventivo al transformador

Es importante, a la hora de realizar el mantenimiento preventivo del transformador, comprobar que se encuentre desenergizado, y comprobar cada uno de los parámetros nombrados anteriormente.⁹⁵

9.2.1.1. Limpieza del área

Se realizarán limpiezas semanales de la zona perimetral del transformador o de la subestación, eliminando cualquier tipo de suciedad, polvo o agentes que pudieran impedir el buen funcionamiento del transformador o de los equipos adyacentes.⁹⁶

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Semanal	2.688€ (28€/hora; dos horas de trabajo a la semana)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en el transformador. - Complejidad en las zonas de limpieza.

Tabla 24: Tabla general de limpieza del transformador

9.2.1.2. Limpieza del equipo

Durante el proceso de limpieza del transformador, será necesario conectar los terminales del transformador a tierra para impedir un posible contacto eléctrico.

⁹⁵ (Garrido, 2009)

⁹⁶ (Garrido, 2009)

Es recomendable seguir los siguientes pasos a la hora de la limpieza del transformador: ⁹⁷

- Limpiar el equipo, como mínimo, una vez al mes, con solvente dieléctrico o soluciones de agua o jabón, siempre priorizando las medidas de seguridad oportunas (utilización de guantes aislantes, dotar al personal de detectores de potencial, etc.).
- Eliminar el polvo encontrado en la superficie del equipo, ya sea por medio de un cepillo o utilizando aire a presión.
- Revisar que no existan daños ni chisporroteos por falta de ajustes en las terminales o conexiones del transformador.
- Comprobar que no exista ningún tipo de fugas ya sea en válvulas, radiadores, empaques o cordones de soldadura. En caso de que existan, será necesario aplicar medidas correctivas.
- Comprobar la pintura de la superficie del equipo.
- Revisar los valores de ruido o vibración comprobando que estos sean los indicados por el fabricante. ⁹⁸

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Semanal	2.688€ (28€/hora; dos horas de trabajo a la semana)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en el transformador. - Complejidad en las zonas de limpieza.

Tabla 25: Tabla general de limpieza del equipo

9.2.1.3. Purificado y filtrado del aceite dieléctrico

Es primordial el purificado y filtrado del aceite dieléctrico para el buen funcionamiento del transformador. Ambas tareas se realizan, como parte del mantenimiento preventivo, para ampliar la vida útil del equipo, al igual que eliminar los posibles contaminantes que pudieran estar en el aceite, y comprobar el cambio de color para determinar posibles contaminaciones del mismo. Estas

⁹⁷ (Garrido, 2009)

⁹⁸ (Garrido, 2009)

tareas se realizarán, como mínimo, una vez al año, o antes si el aceite presenta rigidez dieléctrica cercana al límite interior. Ambas tareas deberán realizarse por medio de personal cualificado en un laboratorio especializado.⁹⁹

Como sucede en el mantenimiento predictivo, estas tareas de análisis las llevará a cabo una empresa externa, la cual esté especializada y tenga la instrumentación necesaria para este tipo de trabajo.

De igual manera, los precios por este tipo de servicio serían similares a los señalados en la tabla anterior.

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	- Grupo de pruebas fisicoquímicas: 130,51€ - Grupo de pruebas mantenimiento predictivo: 223,36€	- Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en el propio aceite.

Tabla 26: Purificado y filtrado del aceite dieléctrico

9.2.2 Mantenimiento preventivo al motor

9.2.2.1. Limpieza del motor

Esta tarea de limpieza del motor se debe realizar anualmente dentro del mantenimiento preventivo para asegurar la vida útil del equipo de acuerdo con los valores establecidos por el fabricante. Es recomendable realizar las siguientes acciones para el buen funcionamiento del mismo:¹⁰⁰

- Limpiar la superficie exterior y la rejilla de ventilación.
- Reponer y ajustar la tornillería de anclaje.
- Eliminar el óxido de la carcasa, retocar o pintar (si se va a repintar la carcasa, quitar primero la pintura anterior y asegurarse de que la capa de pintura sea delgada).

⁹⁹ (Garrido, 2009)

¹⁰⁰ (Garrido, 2009)

- Limpiar la caja de conexiones.
- Reajustar el cable de tierra en la caja de conexiones.
- Revisar las conexiones en las terminales del cable de fuerza.
- Revisar la alineación y el desgaste de las piezas del acoplamiento.
- Cambiar la grasa seca y sin aceite que ha perdido sus propiedades. ¹⁰¹

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	40€ (20€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en el motor. - Complejidad en las zonas de limpieza.

Tabla 27: Tabla general de la limpieza del motor

9.2.2.2. Lubricación de rodamientos

La lubricación de los rodamientos es una de las tareas necesarias de realizar semanalmente para evitar paros innecesarios del equipo y comprobar el buen funcionamiento del mismo. Dentro de las tareas a realizar en el mantenimiento preventivo de los rodamientos encontramos: ¹⁰²

- Revisar los rodamientos inferiores u horizontales.
- Revisar los rodamientos frontales o verticales.
- Quitar, limpiar e instalar el tubo de desahogo de grasa. Después aplicar grasa nueva, quitar el tubo de desahogo o descargar varias veces hasta que se vea que hay grasa en la cavidad de los rodamientos.

En el caso de que dispongamos de motores pequeños, será necesario quitar la cubierta o tapa de los rodamientos, retirar la grasa en mal estado y reponer hasta tres cuartas partes de la circunferencia con la grasa especificada por el fabricante. ¹⁰³

¹⁰¹ (Garrido, 2009)

¹⁰² (Garrido, 2009)

¹⁰³ (Garrido, 2009)

En aquellos casos en el que la lubricación se realice por medio de aceite, hay que considerar que las revisiones periódicas se llevarán a cabo en un rango de tres a seis meses. A su vez, cuando se compruebe que el aceite se ha degradado y ha perdido cualidades, se deberá reponer hasta la marca establecida por el fabricante, ya que si se excede en este valor se puede poner en riesgo el bobinado.¹⁰⁴

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Semanal	2.688€ (28€/hora; dos horas de trabajo a la semana)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los rodamientos. - Complejidad en las zonas de lubricación. - Problemas con el tipo de lubricante.

Tabla 28: Tabla general de la lubricación de los rodamientos del motor

9.2.2.3. Ajustes de tapas

Se recomienda inspeccionar las tapas de manera diaria de forma auditiva y/o visual en busca de posibles deterioros o desajustes provocados por los rodamientos que se hayan fisurado por algún objeto independiente del motor. Para llevar a cabo esta tarea es recomendable:¹⁰⁵

- Realizar una limpieza de la zona para asegurar un buen funcionamiento del equipo.
- Considerar el diámetro del rodamiento y ajustarlo de manera correcta en aquellos casos en los que existiese desgaste.
- Efectuar un reajuste y reposición de toda la tornillería empleada en el equipo.

¹⁰⁴ (Garrido, 2009)

¹⁰⁵ (Garrido, 2009)

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Diaria	144€ (12€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en el motor. - Problemas reflejados en las tapas del motor.

Tabla 29: Tabla general de ajuste de tapas

9.2.3. Mantenimiento preventivo de las bombas

9.2.3.1. Cambio de prensaestopas

El prensaestopa, como ya se explicó anteriormente en el mantenimiento predictivo, se utiliza para evitar fugas de líquido e impedir entradas de aire en los espacios de succión de la bomba. De acuerdo con la función del prensaestopa, a la hora de realizar su mantenimiento, se comprobará que no existen fugas de líquido o que estas sean mínimas. Si habláramos de sellos mecánicos, no debería existir ningún tipo de fuga, excepto por un breve periodo de tiempo. Sin embargo, cuando utilizamos prensaestopas, siempre tendremos una pequeña fuga.¹⁰⁶

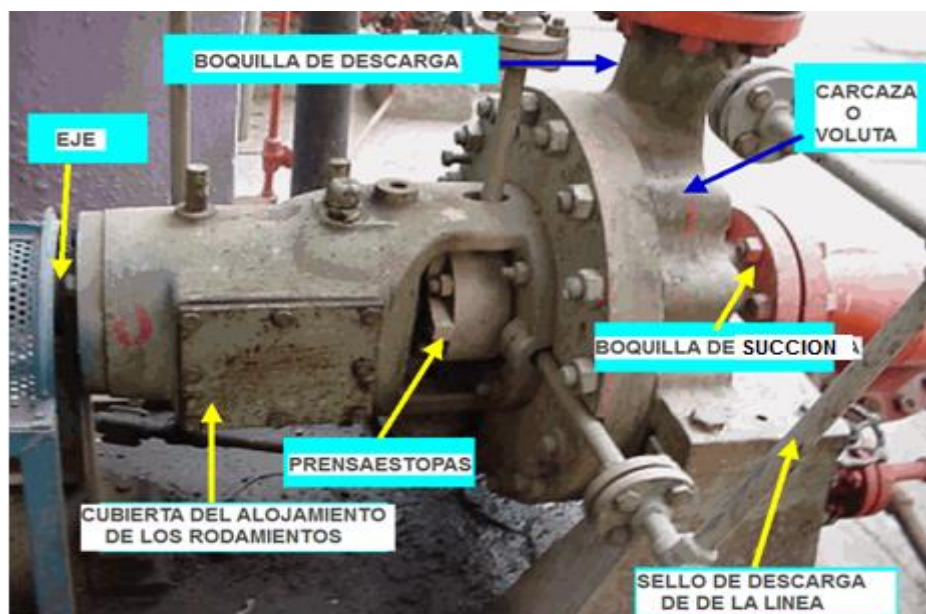


Ilustración 39: Situación de diferentes partes de una bomba (Unad, 2016)

¹⁰⁶ (Garrido, 2009)

La empaquetadura de la bomba se debe cambiar de manera periódica. La frecuencia de dichos cambios vendrá dada por las horas de uso de la bomba y por los materiales de los que está compuesta. En el caso de que la bomba esté trabajando de manera continuada, la empaquetadura deberá ser reemplazada con una frecuencia de entre tres a seis meses. ¹⁰⁷

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Tremestral	448€ (28€/hora; 4 horas de trabajo)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en la bomba. - Problemas reflejados en las empaquetaduras.

Tabla 30: Tabla general de cambio de prensaestopa

9.2.3.2. Lubricación de chumaceras y cojinetes

La frecuencia con la que se realizará la lubricación dependerá de dos factores fundamentales: las condiciones a la que trabaja y el ambiente en el que se encuentra funcionando el equipo. Las tareas más representativas que se deberán llevar a cabo a la hora de realizar las tareas de lubricación son las siguientes: ¹⁰⁸

- Se incorporará una cantidad suficiente de grasa cada 400 horas de trabajo.
- Cambiar los lubricantes cuando presenten variaciones de color o contaminación por partículas de polvo, agua o partículas metálicas, o descomposición por altas temperaturas y humedad.
- Para la limpieza de los cojinetes, en ningún caso debe hacerse con solventes clorados.
- La caja del cojinete (en caso de que la hubiere) debe estar a una tercera parte de su capacidad.
- Usar los lubricantes adecuados y normalizados para cada componente de acuerdo con las temperaturas de trabajo.
- Reapretar la tornillería. ¹⁰⁹

¹⁰⁷ (Garrido, 2009)

¹⁰⁸ (Garrido, 2009)

¹⁰⁹ (Garrido, 2009)

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Tremestral	112€ (28€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los cojinetes. - Problemas reflejados en la lubricación. - Problemas reflejados en el tipo de lubricante.

Tabla 31: Tabla general de lubricación de cojinetes

9.2.3.3. Lubricación del eje de transmisión

Se ha de realizar la lubricación dependiendo de dos factores prioritarios:

- Las condiciones de trabajo.
- El estado en el que se encuentra el equipo.

Una vez detectado el estado es importante realizar, en cuanto a la lubricación del eje se refiere, una serie de tareas, como pueden ser: ¹¹⁰

- Añadir, cada 400 horas de funcionamiento, una adecuada cantidad de grasa.
- Cambiar los lubricantes cuando estos estén contaminados con polvo o humedad.
- En el caso de no desmontar los cojinetes para su limpieza, es recomendable usar un aceite con una temperatura entre 82° C y 93° C. Esto se realizará a través de la caja mientras que se hace girar lentamente el eje.
- Se recomienda que la caja de cojinetes esté llena un tercio de su capacidad con grasa.
- Para la limpieza de los cojinetes, en ningún caso debe hacerse con solventes clorados. ¹¹¹

¹¹⁰ (Garrido, 2009)

¹¹¹ (Garrido, 2009)

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Tremestral	112€ (28€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en el eje de transmisión. - Problemas reflejados en la lubricación. - Problemas reflejados en el tipo de lubricante.

Tabla 32: Tabla general de lubricación del eje de transmisión

9.2.4. Mantenimiento preventivo al conjunto de tuberías

9.2.4.1. Revisión del conjunto de tuberías

Los fallos más usuales a la hora de comprobar el buen funcionamiento tanto de los sellos como de los cojinetes pueden ser causados por: deformación térmica, instalación, selección, diseño del sello, variaciones dimensionales y la carga en las boquillas. Es prioritario revisar periódicamente si existen anclajes en mal estado o mal instalados, así como la instalación de la tubería, debido a que pueden aparecer cargas excesivas que dañen los cojinetes y sellos. ¹¹²

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	160€ (13,33€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en los instrumentos de medida. - Problemas reflejados en las tuberías.

Tabla 33: Tabla general de la revisión del conjunto de tuberías

¹¹² (Garrido, 2009)

9.2.4.2. Limpieza y pintura

Para comprobar el estado superficial del conjunto de tuberías, es importante haberlo pintado y limpiado. Esta acción se debe realizar anualmente siguiendo los pasos marcados a continuación: ¹¹³

- Se administrará el anticorrosivo. Posteriormente, después de haberlo dejado secar, se ha de pintar con la pintura secundaria.
- Es necesario comprobar que las tapas mecánicas o de accionamiento no hayan sido obstruidas por derrames de pintura.
- La frecuencia con la que se debe limpiar la suciedad para evitar cúmulos de polvo (evitando la humedad y la aparición de corrosión) es semanal.

114

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	40€ (20€/hora)	<ul style="list-style-type: none">- Problemas reflejados en las tuberías.- Complejidad en la zona de pintado.- Complejidad en la zona de limpieza.

Tabla 34: Tabla general de limpieza y pintura

9.2.4.3. Cambios de empaquetaduras

La frecuencia con la que se deben realizar los cambios de empaquetaduras entre los acoplamientos de bridas, válvulas, medidores, sostenedoras de presión, válvulas de retención y válvulas de control es de, al menos, una vez al año, siempre y cuando no se produzcan cambios en algunos de estos componentes.

115

¹¹³ (Garrido, 2009)

¹¹⁴ (Garrido, 2009)

¹¹⁵ (Garrido, 2009)

Con respecto a su inspección, esta debe ser de carácter mensual al igual que es importante verificar las posibles fugas, que traigan como consecuencia pérdidas económicas por paros innecesarios. ¹¹⁶

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Anual	84€ (28€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en las bombas. - Problemas reflejados en las empaquetaduras.

Tabla 35: Tabla general de cambios de empaquetaduras

9.2.5. Mantenimiento preventivo de válvulas

9.2.5.1. Lubricación de válvulas

El mantenimiento, en cuanto a la lubricación de las válvulas se refiere, vendrá dado por la experiencia del personal que realice la acción. Como mínimo, se realizará la lubricación del cojinete del eje una vez al mes. A su vez, el lubricante a utilizar dependerá del tipo de válvula y las condiciones de funcionamiento (temperatura, tipo de fluido, etc.). ¹¹⁷

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	112€ (28€/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas reflejados en las válvulas. - Problemas reflejados en la lubricación. - Problemas reflejados en el tipo de lubricante.

Tabla 36: Tabla general de lubricación de válvulas

¹¹⁶ (Garrido, 2009)

¹¹⁷ (Garrido, 2009)

9.2.5.2. Limpieza del cuerpo de las válvulas

La frecuencia con la que se debe limpiar el cuerpo de las válvulas debe ser mensual, priorizando que no se encuentren obstruidas las aperturas y cierres de las mismas por la presencia de algún objeto. A su vez, es importante comprobar la lubricación y elegir el óptimo de acuerdo con las especificaciones del fabricante. ¹¹⁸

Personal	Frecuencia	Presupuesto	Deficiencias
1 grupo de 2 personas	Mensual	240€ (20€/hora)	<ul style="list-style-type: none">- Problemas reflejados en las válvulas.- Complejidad en las zonas de limpieza.

Tabla 37: Tabla general de limpieza del cuerpo de válvulas

¹¹⁸ (Garrido, 2009)

Mantenimiento	Transformador	Motor eléctrico	Bomba	Conjunto de tuberías	Válvulas
Predictivo	<ul style="list-style-type: none"> -Medición y análisis de parámetros eléctricos. -Análisis fisicoquímico del aceite dieléctrico. -Análisis termográfico. 	<ul style="list-style-type: none"> -Medición y análisis de parámetros eléctricos. -Medición y análisis de vibraciones mecánicas en el motor. -Análisis termográfico. 	<ul style="list-style-type: none"> -Medición de presión y gasto. -Revisión del prensaestopa. -Revisión y análisis de vibraciones mecánicas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Medición y análisis de vibraciones. 	<ul style="list-style-type: none"> -Inspección visual. -Medición y análisis de vibraciones mecánicas.
Preventivo	<ul style="list-style-type: none"> -Limpieza del área. -Limpieza del equipo. -Purificado y filtrado del aceite dieléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> -Limpieza del motor. -Lubricación de rodamientos. -Ajuste de tapas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Cambio de prensaestopa. -Lubricación de chumaceras y cojinetes. -Lubricación del eje de transmisión. 	<ul style="list-style-type: none"> -Revisión del conjunto de tuberías. -Limpieza y pintura. -Cambios de empaquetaduras. 	<ul style="list-style-type: none"> -Lubricación de válvulas. -Limpieza del cuerpo de las válvulas.

Tabla 38: Mejoras en el plan de mantenimiento

10. Conclusiones

Las conclusiones que se han podido sacar en la elaboración de este proyecto son las siguientes:

- Se ha podido comprobar el déficit existente en la planificación y llevada a cabo del plan de mantenimiento en el aljibe.
- El personal encargado de realizar las operaciones de mantenimiento es el adecuado y cualificado.
- Existen carencias en la aplicación de diferentes tipos de mantenimiento en el buque.
- No se lleva un control exhaustivo de las tareas de mantenimiento realizadas de manera mensual.
- Existe un déficit en el control de los componentes y de las piezas en stock.
- No se controla, de manera detallada, las horas de funcionamiento de cada uno de los componentes que forman el sistema de bombeo.
- Se realizan estudios macroeconómicos del presupuesto del aljibe, sin profundizar y especificar en cada uno de los sistemas de los que está compuesto.
- Utilización del programa GMAO para la optimización de las tareas de mantenimiento.
- Fácil implantación de nuevos planes de mantenimiento en el aljibe.
- Especialización de la empresa que realiza las tareas de mantenimiento al utilizar instrumentación más sofisticada, lo cual generará su posterior enriquecimiento.
- Cualificación de los trabajadores al aplicar, por medio de nueva instrumentación, tareas de mantenimiento más específicas.
- Aumento del coste de mantenimiento debido a la implantación de mejoras.

ANEXOS

Anexo I: Instrumentación necesaria para el mantenimiento

Además de toda la herramienta necesaria para realizar las tareas de mantenimiento correctivo, una vez que se especifica o se entra en otros tipos de mantenimiento es necesario la utilización de instrumentación más específica. En este aspecto, se ha escogido tanto el analizador de vibraciones como la cámara termográfica para realizar las tareas con una mayor precisión y evitar posibles fallos en el funcionamiento de la barcaza.

A continuación, se expondrá una descripción de cada uno de estos elementos, donde vendrá reseñado los datos técnicos, el funcionamiento y el precio del mismo.

Analizador de vibraciones

Como analizador de vibraciones a utilizar en el mantenimiento del sistema de bombeo se ha elegido uno de los más completos que hay en el mercado y, a su vez, con un precio aceptable y que podría hacer frente la empresa encargada de realizar el mantenimiento. Se trata del modelo Fluke 805 FC el cual posee las siguientes características:¹¹⁹

- El diseño del sensor permite reducir las variaciones de las mediciones que son causadas por el ángulo del instrumento o la presión de contacto.
- Los datos que son recogidos cuentan con una alta calidad consistentes tanto en alta como en baja frecuencia.
- Consta con una escala de niveles de severidad (cuatro), los cuales sirven para evaluar la urgencia de los problemas de vibración general y el estado de los cojinetes.
- Se exportan datos a través de USB.
- Cuenta con un análisis de tendencias con plantillas incorporadas en Microsoft® Excel.

¹¹⁹ (Fluke, 2016)

- Mide vibraciones generales (de 10 a 1.000 Hz). Estas sirven tanto para unidades de medición de aceleración, desplazamiento y velocidad como para una gran variedad de máquinas.
- La tecnología que se utiliza en el analizador de vibraciones es el Factor de Cresta+, el cual proporciona una fiable evaluación del estado de los cojinetes haciendo mediciones directas en la punta del sensor en el rango de 4.000 y 20.000 Hz.
- Se puede comparar en escala de severidad ISO-10816 los niveles de vibración, pudiendo almacenar los resultados en la nube de Fluke Connect.
- El sistema de iluminación que indica cuánta presión debe ser suministrada para realizar las mediciones se basa en dos colores (rojo y verde) y comentarios en la pantalla.
- Lleva incorporado un sensor infrarrojo, el cual mide la temperatura que es capaz de aumentar la precisión del diagnóstico.
- Su capacidad de memoria puede almacenar hasta 3.500 medidas.
- Para llegar a lugares de difícil acceso cuenta con un soporte de acelerómetro externo.
- A la hora de realizar mediciones en zonas de poca visibilidad cuenta con una linterna para ver las ubicaciones.
- La alta resolución de su pantalla permite ver una navegación y visualización más sencilla. ¹²⁰

¹²⁰ (Fluke, 2016)

Especificaciones	
Rango de baja frecuencia (medición general)	De 10 a 1000 Hz
Rango de alta frecuencia (medida CF+)	De 4.000 a 20.000 Hz
Niveles de gravedad	Buena, Satisfactoria, Insatisfactoria, Inaceptable
Límite de vibración	Pico de 50 g (100 g pico a pico)
Convertidor A/D	16 bits
Relación señal/ruido	80 dB
Frecuencia de muestreo	Baja frecuencia: 20.000 Hz Frecuencia alta: 80.000 Hz
Respaldo del reloj de tiempo real	Pila de botón

Tabla 39: Especificaciones del analizador de vibraciones (Fluke, 2016)

Sensor	
Sensibilidad	100 mV / g \pm 10%
Rango de medida	De 0,01 a 50 g
Rango de baja frecuencia (medición general)	De 10 a 1000 Hz
Rango de alta frecuencia	De 4.000 a 20.000 Hz
Resolución	0,01 g
Precisión	A 100 Hz \pm 5% del valor medido

Tabla 40: Especificaciones del sensor (Fluke, 2016)

Unidades de amplitud	
Aceleración	g, m/seg ²
Velocidad	pulg/s, mm/s
Desplazamiento	mm, milésima de pulgada

Tabla 41: Unidades de amplitud (Fluke, 2016)

Termómetro por infrarrojos (medida de temperatura)	
Rango	De 20 °C a 200 °C (-4 °F a 392 °F)
Precisión	\pm 2 °C (4 °F)
Distancia focal	Fija, a ~3,8 cm (1,5 pulg.)

Tabla 42: Termómetro por infrarrojos (Fluke, 2016)

Sensor externo	
Nota: Fluke brinda asistencia acerca de los sensores externos, pero no los suministra	
Rango de frecuencias	De 10 a 1000 Hz
Tensión de polarización (para alimentación)	De 20 a 22 V cc
Corriente de polarización (para suministrar energía)	Máximo 5 mA

Tabla 43: Sensor externo (Fluke, 2016)

Firmware	
Interfaces externos	Comunicación por USB 2.0 (velocidad total)
Capacidad de datos	Base de datos en la memoria Flash interna
Actualización	A través de USB
Memoria	Hasta 3.500 medidas

Tabla 44: Firmware del analizador de vibraciones (Fluke, 2016)

Emisión irradiada	
Descarga electrostática: explosión	Norma EN 61000-4-2
Interferencia electromagnética	Norma EN 61000-4-3
RE	Estándar CISPR 11, Clase A

Tabla 45: Emisión irradiada (Fluke, 2016)

Condiciones ambientales	
Temperatura de trabajo	De -20 a 50 °C (-4 °F a 122 °F)
Temperatura de almacenamiento	De -30 a 80 °C (-22 °F a 176 °F)
Humedad de funcionamiento	De 10 a 95% H.R. (sin condensación)
Altitud de funcionamiento/almacenamiento	Del nivel del mar a 3.048 metros (10.000 pies)
Protección IP	IP54
Límite de vibración	Pico de 500g
Prueba de caída	1 metro

Tabla 46: Condiciones ambientales (Fluke, 2016)

Especificaciones generales	
Tipo de batería	2 baterías AA de disulfuro de hierro-litio
Duración de la batería	250 medidas
Tamaño (largo x ancho x alto)	24,1 cm x 7,1 cm x 5,8 cm (9,5 pulg. x 2,8 pulg. x 2,3 pulg.)
Peso	0,40 kg (0,89 lb)
Conectores	USB Mini-B de 7 pines, enchufe de sensor externo (conector SMB)

Tabla 47: Especificaciones generales (Fluke, 2016)



Ilustración 40: Analizador de vibraciones (Fluke, 2016)

El precio de este medidor de vibraciones oscilaría entre los 1.700,00 euros. Puede parecer, en un principio, un precio excesivo, sin embargo, la empresa destinada a hacer el mantenimiento no posee únicamente el mantenimiento del aljibe sino de un gran número de grupos electrógenos y barcos.¹²¹

Además, con este tipo de instrumentación podría abrir aún más el mercado, obteniendo mayores ofertas de trabajo. A su vez, el valor de los contratos por esta serie de mantenimientos aumentaría debido a las mejores prestaciones de los mismos. Por todos estos aspectos, supone una buena inversión para la empresa y dicha inversión inicial podría ser recuperada a corto plazo.

¹²¹ (Amidata S.A, 2016)

Cámara termográfica

Como cámara termográfica para realizar las nuevas tareas de mantenimiento se ha elegido una de las más sencillas del mercado, con un precio adecuado a los gastos de la empresa, con una amplia versatilidad y una de las más demandadas, la TG 165 de FLIR. El TG165 está equipado con una microcámara térmica Lepton® exclusiva de FLIR, con la que se puede identificar los patrones de calor, medir de manera fiable la temperatura y guardar imágenes y datos para los informes. ¹²²

Como características más representativas encontramos:

- Se muestra, de manera eficaz, los puntos a dónde hay que apuntar debido a los focos de calor.
- Se consigue realizar los trabajos con mayor claridad.
- Objetivo de 24:1, para mayor seguridad y simplicidad a la hora de realizar el trabajo.
- No es necesaria la especialización cualificada de los operarios a la hora de su manipulación.
- Tienen la facilidad de poder obtener grabaciones de imágenes y datos, con los cuales poder obtener la documentación necesaria.
- La transferencia de datos se realiza a través de USB o micro SD. ¹²³

¹²² (Termografía Aplicada, S.L, 2016)

¹²³ (Termografía Aplicada, S.L, 2016)

Resolución IR [píxels]	80 x 60 (4.800) (Termografía)
Sensibilidad térmica / NETD [°C]	0.15°C (Termografía) - 0.1°C (Termómetro IR)
Campo de visión	50° x 38,6° (Termografía) - D:S = 24:1 (Termómetro IR)
Frecuencia de imagen [Hz]	9 Hz (Termografía) / Tiempo de respuesta = 150ms (Termómetro IR)
Enfoque	Focus free (Termografía)
Pantalla	2" LCD TFT
Rango de temperaturas [°C]	Rango de escena superior = 127°C (Termografía) / -25°C a 380°C (Termómetro IR)
Precisión	±1,5°C o ±1,5% de la lectura (Termómetro IR)
Colores (paletas)	Escala de girses, hierro intenso (Termografía)
Almacenamiento de imágenes	Bitmap (BMP) con temperatura y emisividad en tarjeta Micro SD (Termografía)
Puntero laser	Láseres dobles divergentes enmarcan área de medida de la T ^a (Termómetro IR)
Tiempo operación baterías [horas]	≈ 8 hrs
Componentes entregados con el equipo	Correa, cable USB, cargador internacional, tarjeta micro SD de 8 GB, documentación técnica

Tabla 48: Especificaciones técnicas de la cámara termográfica (Termografía Aplicada, S.L, 2016)



Ilustración 41: Cámara termográfica (Termografía Aplicada, S.L, 2016)

El precio de la cámara termográfica oscila entre los 400,00 euros. De igual manera que en el analizador de vibraciones, la cámara termográfica ampliaría las opciones de mercado de la empresa y aumentaría la calidad de las tareas de mantenimiento tanto preventivo como predictivo. ¹²⁴

¹²⁴ (Termografía Aplicada, S.L, 2016)

11. Bibliografía

- (16 de abril de 2016). Obtenido de http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/126243-7928663.jpg
- (16 de abril de 2016). Obtenido de directindustry: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/126243-7928663.jpg
- (11 de mayo de 2016). Obtenido de latermografia.com: <http://www.latermografia.com/wp-content/uploads/motor003.jpg>
- (11 de junio de 2016). Obtenido de mgar: <http://www.mgar.net/var/aguada.htm>
- A.P.M.E. Clavileño. (20 de junio de 2016). Obtenido de <http://asociacionclavileno.blogspot.com.es/p/naval-hidria-ii-paso-paso.html>
- Amidata S.A. (20 de abril de 2016). Obtenido de rs: <http://es.rs-online.com/web/p/vibrometros/7612944/>
- Bombas Caprari, S.A. . (26 de marzo de 2016). *Bombas Caprari* . Obtenido de <http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Bombas-centrifugas-monorodete-Caprari-Mec-A-115484.html>
- C.Rodríguez. (16 de septiembre de 2015). *Technical courses* . Obtenido de Aplicaciones GMAO hechas a medida: www.technicalcourses.net/portal/es/blog_entrada.php?entrada_id=98
- Calidad & Gestión. (25 de marzo de 2016). *Calidad & Gestión*. Obtenido de http://www.calidad-gestion.com.ar/boletin/69_mantenimiento_de_infraestructura_en_ISO_9001.html
- Codensa S.A. (15 de junio de 2016). Obtenido de https://www.codensa.com.co/img/medicion_y_analisis_de_parametros_%20electricos_detalle.jpg
- Definición ABC. (2007- 2016). *DefiniciónABC tu diccionario hecho fácil*. Obtenido de Concepto mantenimiento: www.definicionABC.com/general/mantenimiento.php
- Directindustry. (2016). *MAN*. Obtenido de Motor térmico: www.directindustry.es/product-81737-976781.html
- Enel Spa. (21 de junio de 2016). *Codensa*. Obtenido de <https://www.codensa.com.co/empresas/productos-y-servicios/mantenimiento-de-instalaciones/mantenimiento-de-transformadores-y-analisis-de-aceite>
- Fluke. (23 de abril de 2016). *Fluke Corporation*. Obtenido de <http://www.fluke.com/fluke/eses/medidores-de-vibracion-y-herramientas-de-alineacion-laser/fluke-805-fc.htm?PID=78512>

- Fluke. (10 de mayo de 2016). *Fluke Corporation S.A.* Obtenido de <http://www.testequipmentdepot.com/fluke/images/805.jpg>
- Garrido, S. G. (2009). Ingeniería del Mantenimiento. En S. G. Garrido, *Ingeniería del Mantenimiento Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento* (pág. 715). RENOVETEC.
- GENEBRE. (15 de abril de 2016). Obtenido de http://www.genebre.es/es/p/666-valvula_esfera
- GGC VALVES. (2013). Catálogo de productos. *SAIDI*, 30.
- GMAO. (2016). *GMAO*. Obtenido de Ventajas de utilizar programas GMAO: www.gmao.es/ventajas-gmao.htm
- Ledesma, J. M. (3 de septiembre de 2012). *EBF Noticias elblogferoz*. Obtenido de El avituallamiento de los barcos: www.elblogferoz.com/2012/09/03/el-avituallamiento-de-los-barcos-por-jose-manuel-ledesma/
- QuimiNet. (1 de julio de 2011). *QuimiNet.com Información y negocios segundo segundo*. Obtenido de Uso y aplicaciones de las válvulas de compuerta: www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-valvulas-de-compuerta-56126.htm
- RENOVETEC. (2012). *RENOVETEC Cursos de formación*. Obtenido de Tipos de mantenimiento: www.renovetec.com/tipodemantenimiento.html
- RENOVETEC. (20 de marzo de 2016). Obtenido de <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>
- Rymel. (21 de junio de 2016). Obtenido de http://www.rymel.com.co/images/servicios/analisis_fisicoquimico_de_aceite_dielectrico_mineral_vegetal.jpg
- SAMSON S.A. (s.f.). *SAMSON S.A.* Obtenido de TÉCNICA DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN: <http://www.samson.es>
- scielo.sld. (10 de junio de 2016). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/img/revistas/im/v13n1/f0102110.gif>
- Termografía Aplicada, S.L. (24 de abril de 2016). Obtenido de <http://www.aplinter.com/producto/termografia-infrarroja/flir-tg165-termometro-visual-de-infrarrojos>
- TLV. (15 de abril de 2016). Obtenido de <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>
- Unad. (21 de junio de 2016). Obtenido de <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/image095.png>

Unavarra. (10 de junio de 2016). Obtenido de Unavarra:

<http://www.unavarra.es/ets02/Fotos/imagen1.bmp>

Weber, B. H. (26 de marzo de 2016). *Adizes Central America S. A. de C. V.* Obtenido de

<http://www.normas9000.com/iso-9000-27.html>

Wikipedia. (29 de marzo de 2016). Obtenido de Fundación Wikimedia, Inc:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Aljibe>