



Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

Carrera de Ingeniería Marítima

Proyecto de Trabajo de Titulación

Modalidad Proyecto Técnico

MANTENIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE GOBIERNO DE
LA EMBARCACIÓN “EL REY” DE LA ULEAM.

Autores:

López Fernández Kevin Óscar

Mora Tapia Maikel Rafael

Tutor: Ing. Jonathan Israel García Mejía.

Manta – Ecuador

Mayo 2025

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad Ingeniería Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante López Fernández Kevin Óscar, legalmente matriculado/a en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “MANTENIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE GOBIERNO DE LA EMBARCACIÓN “EL REY” DE LA ULEAM”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 15 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Ingeniero Jonathan García Mejía
Docente Tutor
Área:

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

CERTIFICADO DE AUTOR

López Fernández Kevin Oscar, egresado de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, de la carrera de Ingeniería Marítima, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido de la presente tesis titulada "MANTENIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE GOBIERNO DE LA EMBARCACIÓN "EL REY" DE LA ULEAM."

Nos corresponde exclusivamente y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



López Fernández Kevin Oscar



Ing. Jonathan García Mejía, MSc.

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo y su apoyo constante en cada paso de este camino académico.

A mis hermanas, por ser compañeras de vida, motivación y alegría en los momentos más difíciles y en los más felices.

A mi tutor, el Ing. Jonathan García, por su guía, paciencia y dedicación, que han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

A toda mi familia, por sus palabras de aliento y por estar siempre presente en mi vida, incluso en la distancia.

Y, en especial, a mi abuelo, que, aunque ya no está físicamente, vive en mi corazón y en mis recuerdos. Su ejemplo, sus enseñanzas y su amor me han acompañado en cada paso, y sé que, desde el cielo, ha celebrado conmigo cada logro.

Kevin López

AGRADECIMIENTO

A mis padres, cuya entrega y amor han sido el faro que ha iluminado cada paso de mi camino. Gracias por enseñarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo, fe y perseverancia.

A mis hermanas, por su risa que aligeran las cargas y su apoyo que fortalece el alma.

A mi familia, por ser abrigo en la tormenta y alegría en los días de calma.

Y, con todo mi corazón, a mi querido abuelo, que ahora descansa en el cielo. Aunque sus manos ya no puedan guiarme, sus enseñanzas y su amor siguen marcando mi rumbo.

Este logro es un tributo a su memoria y la huella imborrable que dejó en mi vida.

Kevin López

RESUMEN

Este proyecto está basado en la implementación de un plan de mantenimiento general para el sistema hidráulico de gobierno de la embarcación “El Rey” perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Una de las principales metas es maximizar la eficiencia operativa y garantizar la seguridad de la embarcación, aplicando un programa de mantenimiento planificado y sistemático que asegure la disponibilidad y confiabilidad del sistema. Se realizarán evaluaciones para verificar el estado actual de dicho sistema, identificando fallas y áreas a optimizar, teniendo este análisis haremos el correcto mantenimiento tanto preventivo como correctivo donde sea necesario. Para verificar un buen trabajo se debe realizar pruebas al finalizar el mantenimiento para poder comparar las condiciones operativas.

Palabras clave: Mantenimiento, hidráulica, gobierno, lubricación.

SUMMARY

This practical project is based on the implementation of a general maintenance plan for the hydraulic steering system of the vessel "El Rey" belonging to the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. One of the main goals is to optimize the efficient and safe operation of the vessel through a systematic maintenance approach. We will perform evaluations to verify the current state of the system, identifying failures and areas to optimize, having this analysis we will make a customized maintenance plan for the correct preventive and corrective maintenance where necessary. To verify a good work, tests will be performed at the end of the maintenance in order to compare the operating conditions.

Key words: Maintenance, hydraulic, steering, lubrication.

ÍNDICE

CERTIFICADO DE AUTOR	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
Introducción	1
Antecedentes	2
Justificación	3
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
1. Capítulo I: Marco Teórico	5
1.1. Sistemas Hidráulicos	6
1.1.1. Principios de la hidráulica	7

1.1.1.1.	Principio de Pascal.	7
1.1.1.2.	Incomprensibilidad de los líquidos	7
1.1.1.3.	Transmisión de fuerza y energía	8
1.1.1.4.	Relación entre presión, fuerza y área	8
1.1.1.5.	Relación entre caudal y velocidad	9
1.1.1.6.	Principio de Bernoulli	9
1.1.2.	Componentes principales de los sistemas hidráulicos	10
1.1.3.	Aceites	11
1.1.3.1.	Minerales	11
1.1.3.2.	Sintéticos	11
1.1.3.3.	Biodegradable/Vegetal	12
1.1.4.	Importancia de la hidráulica para el sistema de gobierno	13
1.2.	Sistema de gobierno	13
1.2.1.	Tipos de sistemas de gobiernos.	14
1.2.1.1.	Gobierno Manual	14
1.2.1.2.	Gobierno automático	16
1.3.	Fallos comunes	17
1.3.1.	Hidráulico	17
1.3.2.	Eléctrico	17
1.3.3.	Electrónico	18
1.4.	Mantenimiento	18
1.4.1.	Importancia del mantenimiento	19
1.4.2.	Tipos de mantenimiento	20
1.4.2.1.	Mantenimiento predictivo	20
1.4.2.2.	Mantenimiento preventivo	23
1.4.2.3.	Mantenimiento correctivo	26

Capítulo II: Descripción del proyecto.	28
2.1. Funcionamiento del sistema hidráulico	2G
2.1.1. Tanque de compensación	29
2.1.2. Orbitrol	29
2.1.3. Líneas hidráulicas	30
2.1.4. Gatos hidráulicos	30
2.1.5. Pala de timón	31
2.2. Normativa	31
2.3. Recursos estimados	32
CAPÍTULO III: EJECUCIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO	33
3.1. Mantenimiento diario	33
3.2. Mantenimiento semanal	34
3.3. Mantenimiento mensual	35
3.4. Mantenimiento trimestral	35
3.5. Mantenimiento semestral	36
3.6. Mantenimiento anual	37
3.7. Mantenimiento Aplicado a “El Rey”	38
3.7.1. Métodos de revisión de daños	38
3.7.2. Mantenimiento preventivo	38
3.7.2.1. Actividades realizadas	38
3.7.2.1.1. Limpieza del tanque de compensación	38
3.7.2.1.2. Inspección de líneas hidráulicas	40
3.7.2.1.3. Limpieza de accesorios deteriorados	41

3.7.2.1.4.	Mantenimiento a soporte macho	43
3.7.2.1.5.	Limpieza externa de los gatos hidráulicos	44
3.7.2.1.6.	Recubrimiento de accesorios expuestos	46
3.7.2.1.7.	Limpieza de la pala	47
3.7.3.	Mantenimiento correctivo	49
3.7.3.	Actividades realizadas	49
3.7.3.1.	Rediseño de líneas hidráulicas de trabajo y cambio de mangueras del tanque	49
3.7.3.2.	Cambio de accesorios	51
3.7.3.3.	Cambio de soportes de fijación	53
3.7.3.4.	Revisión y reparación de gatos hidráulicos	54
3.7.3.5.	Cambio de abanico del timón	56
3.7.3.6.	Recubrimiento estructural	59
3.7.3.7.	Cambio de aceite hidráulico	60
CONCLUSIONES		C2
RECOMENDACIONES		C3
ANEXOS		C4
Anexo A: Plano en SolidWorks de sistema de tuberías hidráulicas de la embarcación “El Rey”		
		64
Anexo B: Mantenimiento preventivo y correctivo		65
Anexo C: Recursos		67
	Recursos humanos	67
	Recursos institucionales	67
	Recursos materiales y económicos	67

Anexo D: Formatos plan de mantenimiento	70
Anexo E: Cronograma anual	73
BIBLIOGRAFÍA	7C

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Dirección para barco de motor</i>	5
<i>Ilustración 2 Diagramas de bloques, gobierno manual</i>	15
<i>Ilustración 3 Diagrama de bloques, gobierno automático</i>	17
<i>Ilustración 4 Análisis de Luz Ultravioleta</i>	22
<i>Ilustración 5 Inspecciones termográficas</i>	23
<i>Ilustración c Mantenimiento Preventivo</i>	25
<i>Ilustración 7 Fuga de fluido hidráulico en equipos industriales</i>	27
<i>Ilustración 8 Ilustración 8 Diseño común del sistema hidráulico de lanchas</i>	28
<i>Ilustración 5 Sistema hidráulico real a escala de la embarcación EL REY</i>	25
<i>10 Tanque de compensación de la embarcación "El Rey"</i>	35
<i>Ilustración 11 Tanque de compensación reparado y pintado de la embarcación "El Rey"</i>	35
<i>Ilustración 12 Inspección de líneas hidráulicas de la embarcación "El Rey"</i>	40
<i>Ilustración 13 Tubería Restaurada de la embarcación "El Rey"</i>	41
<i>Ilustración 14 Accesorios con corrosión mínima de la embarcación "El Rey"</i>	42
<i>Ilustración 15 Elementos restaurados de la embarcación "El Rey"</i>	42
<i>Ilustración 1c Soporte macho del abanico corroído de la embarcación "El Rey"</i>	43
<i>Ilustración 17 Soporte macho restaurado</i>	44
<i>Ilustración 18 Gatos hidráulicos de la embarcación "El Rey" en mal estado y con fuga</i>	45
<i>Ilustración 15 Gatos hidráulicos de la embarcación "El Rey" después de limpieza interna y externa</i>	45
<i>Ilustración 20 Antes y después del soporte de los gatos hidráulicos</i>	4c
<i>Ilustración 21 Recubrimiento con cinta engrasada</i>	47
<i>Ilustración 22 Todos los accesorios recubiertos con cinta engrasada expuestos al mar</i>	47
<i>Ilustración 23 Pala antes del mantenimiento</i>	48
<i>Ilustración 24 Pala sin ningún microorganismo</i>	48
<i>Ilustración 25 Conexiones nuevas en la salida del cuarto de máquinas</i>	50

<i>Ilustración 2c Mangueras nuevas para tanque de compensación</i>	50
<i>Ilustración 27 Tubería nueva para completar líneas de la embarcación "El Rey"</i>	51
<i>Ilustración 28 Accesorios con gran daño corrosivo</i>	51
<i>Ilustración 2S Accesorios nuevos para la embarcación "El Rey"</i>	52
<i>Ilustración 30 Líneas viejas del transporte de aceite de la embarcación "El Rey"</i>	52
<i>Ilustración 31 Antes y después de soporte de tuberías</i>	53
<i>Ilustración 32 Bases de soporte de madera</i>	53
<i>Ilustración 33 Interior de los gatos hidráulicos</i>	54
<i>Ilustración 34 Gatos hidráulicos previos a reparación</i>	55
<i>Ilustración 35 Retenedores y orings de los gatos hidráulicos de la embarcación "El Rey"</i>	5c
<i>Ilustración 3c Abanico antiguo de la embarcación "El Rey" corroído en su totalidad</i>	5c Ilustración
<i>37 Abanico nuevo fabricado en el torno</i>	57
<i>Ilustración 38 Tuerca del abanico deteriorada</i>	58
<i>Ilustración 3S Tuerca nueva ya instalada en la embarcación "El Rey"</i>	58
<i>Ilustración 40 Huecos salientes de sala de máquinas</i>	5S Ilustración
<i>41 Manguera que ingresaba a la sala de máquinas</i>	5S Ilustración 42
<i>Adaptación de huecos más grandes para poder cambiar el tramo por tubería</i>	c0
<i>Ilustración 43 Aceite hidráulico rando iso c8p</i>	c0
<i>Ilustración 44 Filtración de aceite al momento de purgar el sistema</i>	c1
<i>Ilustración 45 Plano a escala 1:23 del sistema hidráulico</i>	c4
<i>Ilustración 4c Desmontaje de gatos hidráulicos</i>	c5
<i>Ilustración 47 Montaje de abanico</i>	c5
<i>Ilustración 48 Limpieza y pulido de tubos reciclado</i>	cc Ilustración
<i>4S Pintado de tuberías, para mejor la resistencia a la corrosión</i>	cc Ilustración 50
<i>Mantenimiento diario</i>	70
<i>Ilustración 51 Mantenimiento semanal</i>	70
<i>Ilustración 52 Mantenimiento mensual</i>	71

<i>Ilustración 53 Mantenimiento trimestral</i>	71
<i>Ilustración 54 Mantenimiento semestral</i>	72
<i>Ilustración 55 Mantenimiento anual</i>	72
<i>Ilustración 5c Cronograma parte 1/3</i>	73
<i>Ilustración 57 Cronograma parte 2/3</i>	74
<i>Ilustración 58 Cronograma parte 3/3</i>	75

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Detalle de los recursos humanos y su aporte en el desarrollo del proyecto</i>	c7
<i>Tabla 2 Detalle de los recursos institucionales y lugar de origen</i>	c7
<i>Tabla 3 Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto</i>	c7

Introducción

El sistema hidráulico de gobierno es un subsistema fundamental para garantizar la seguridad operacional y la maniobrabilidad de cualquier embarcación, en El rey, su mantenimiento preventivo y correctivo será determinante para asegurar su confiabilidad en servicio. Un funcionamiento óptimo de este sistema es esencial para garantizar navegaciones seguras y eficientes, especialmente en las condiciones marítimas dinámicas muy características de la costa de Manta. Un mal mantenimiento desencadenaría consecuencias graves, como fallos inesperados en el sistema o poner en riesgo a la tripulación y a la embarcación.

La operación de gobernar el rumbo de un barco, llevada a cabo por el timonel, es una tarea básica en el control de la navegación. El gobierno del rumbo de un barco es necesario para realizar todo tipo de maniobras para seguir una derrota, para arribar a un punto geográfico y para evitar cualquier catástrofe. (Mascareñas & Pérez-Iñigo, Sistemas de gobierno del buque, 1999)

A lo largo de los siguientes capítulos se explorarán los fundamentos teóricos de los temas aplicación se analizará el marco normativo para que nuestra embarcación se mantenga de acuerdo con las leyes, también se realizara el correcto mantenimiento personalizado de acuerdo a las diferentes necesidades que se nos presente el momento de analizar la embarcación.

Antecedentes

La funcionalidad y seguridad de la embarcación “El Rey” se encuentran comprometidas debido al deterioro del sistema hidráulico de gobierno, evidenciado durante una reciente inspección técnica. Este deterioro es atribuible a la combinación de un mantenimiento irregular, las condiciones operativas y una baja frecuencia de uso. Para revertir esta situación y asegurar la operatividad continua de la embarcación, este proyecto se centra en ofrecer un mantenimiento general exhaustivo. Adicionalmente, se busca optimizar las prácticas de mantenimiento a través de la capacitación y el establecimiento de protocolos robustos, previniendo así futuros inconvenientes.

La pesca marítima es una de las actividades económicas con mayores tasas de siniestralidad laboral. El índice de incidencia¹ de accidentes de trabajo mortales en jornada de trabajo en 2021 fue de 23.50%, es decir, ocho veces superior a la media del total de actividades (3,28) y más del doble que el de construcción (9,75). Esta realidad obliga a tomar medidas para disminuir estas cifras, siendo fundamental ampliar el conocimiento sobre lo que está ocurriendo para evitar que estos accidentes vuelvan a producirse. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P., 2023)

Justificación

El correcto funcionamiento del sistema hidráulico de gobierno del barco es fundamental para garantizar su control y maniobrabilidad. Este sistema es el responsable directo de que el barco mantenga su curso y sea capaz de realizar las maniobras adecuadas durante la navegación evitando posibles accidentes. El buen funcionamiento de este sistema contribuye al cumplimiento de normativas internacionales como lo es la OMI (Organización Marítima Internacional) la cual establece normas para garantizar la seguridad en el mar.

Durante la visita técnica a la embarcación “El Rey” se identificó fallas en este sistema que dificultan su operatividad normal, también pone en riesgo la seguridad del barco lo cual no permite que sea utilizado al 100% para las actividades académicas e investigativas objetivo principal de la embarcación.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un plan de mantenimiento general del sistema hidráulico de gobierno de la embarcación “El Rey”, que permita optimizar su operatividad eficiente y segura después del mantenimiento a realizar.

Objetivos específicos

- Realizar una evaluación del sistema hidráulico de gobierno de la embarcación “El Rey” para diagnosticar su estado actual, identificando fallos, deterioros y áreas de mejora.
- Realizar los mantenimientos adecuados, reemplazando o reparando los componentes del sistema hidráulico de gobierno que presenten un deterioro que comprometa su funcionalidad y seguridad, utilizando repuestos o técnicas de reparación adecuadas.
- Elaborar un plan de mantenimiento general detallado, para llevar un control posterior al mantenimiento a realizarse, mismo que incluirá la identificación de posibles fallos y un cronograma de acciones preventivas y correctivas para asegurar la operatividad a largo plazo.
- Realizar pruebas funcionales del sistema de gobierno después de la implementación del plan de mantenimiento, verificando su respuesta, suavidad, ausencia de fugas y cumplimiento de los parámetros operativos esperados.

1. Capítulo I: Marco Teórico

Los sistemas hidráulicos se aplican típicamente en dispositivos móviles tales como las maquinarias de construcción, excavadoras, plataformas elevadoras, embarcaciones, maquinaria para agricultura y simuladores de vuelo. (Solé, 2011)

El sistema más simple es el hidráulico manual (o Follow-Up), que consiste en una bomba manual instalada en un pedestal o dentro de una consola. Dicha bomba está conectada al motor del servo mediante dos líneas hidráulicas, existiendo un único embolo o un actuador paralelo que actúa directamente sobre la mecha, la bomba manual es del tipo bidireccional, de forma que la rotación de la rueda en el sentido horario produzca una caída a estribor y un giro en sentido antihorario produzca una caída a babor. (Mascareñas & Ínigo, Sistemas de gobierno del buque, 1999)

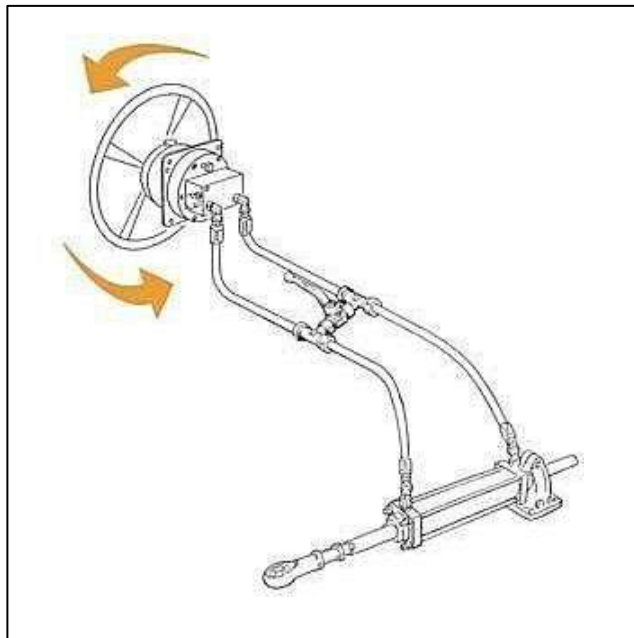


Ilustración 1 Dirección para barco de motor

Fuente: (SCAM MARINE, s.f.)

1.1. Sistemas Hidráulicos

La palabra Hidráulica se deriva en el griego Hydor y Aulos siendo fluido y tuberías su significado más prudente, por ende, estos sistemas se basan en introducir fluidos por mangueras o tuberías que forman un circuito cerrado para poder aumentar o disminuir la presión por medio de unas acciones ya sean mecánicas o estáticas, resultando así en una fuerza mucho mayor a la aplicada en un inicio.

En ambos procesos, la presión resultante se transmite a través de mangueras o sistemas de tuberías hasta desencadenar la reacción (mecánica) deseada en un punto concreto. De este modo, es posible producir una gran fuerza con un aporte de energía relativamente bajo; esta podrá utilizarse para levantar cargas, accionar máquinas o mover determinados componentes. (Jungheinrich, s.f.)

La hidráulica sería, en consecuencia, la aplicación del método integral de la mecánica de fluidos a aquellos problemas de la vida práctica en que intervienen líquidos. Podría agregarse -no sin cierta reserva- que ésta es la rama aplicada de la mecánica de los fluidos incomprensibles. (Cadavid, 2006)

La implementación de sistemas hidráulicos en la actualidad no solo ha sido ampliamente adoptada en varios sectores industriales, sino que también desempeña un papel importante en el sector marítimo, donde su eficiencia y control han sido de utilidad en múltiples aplicaciones.

En la navegación, los sistemas hidráulicos son un componente crucial, puntualmente en el sistema de gobierno el cual es encargado de dar control y dirigir a la embarcación, estos sistemas reducen la carga física permitiendo que un pequeño esfuerzo genere un movimiento significativo de una manera más fácil y precisa al momento de maniobrar.

El empleo de los mandos hidráulicos se generaliza sobre varios sectores económicos, ya que esta nos permite transformar grandes cantidades energía utilizando una mínima energía para ser aplicada en lugares remotos de difícil acceso. (Paez, Cacante, & León, S/N)

1.1.1. Principios de la hidráulica

Al hablar de los principios de la hidráulica hacemos referencia a las leyes y/o fundamentos que rigen el comportamiento de los fluidos, en este caso puntual cuando estos son para transmitir energía o fuerza.

1.1.1.1. Principio de Pascal.

El Principio de Pascal es una idea central en la mecánica de fluidos, especialmente cuando se estudian sistemas donde los líquidos están en reposo. Este principio explica que si la presión cambia en algún lugar de un líquido que no se puede comprimir y que está quieto, ese cambio de presión se sentirá al mismo tiempo y con la misma fuerza en todos los demás puntos del líquido. Esta propiedad, que se basa en que los líquidos casi no se comprimen según las leyes de la física, es muy importante para cómo se diseñan y funcionan los sistemas hidráulicos de manera eficiente. Por esta razón, entender el Principio de Pascal es clave para saber cómo trabajan aparatos como las prensas hidráulicas, los frenos, los elevadores y otras máquinas que usan la transmisión de presión a través de un líquido.

Su aplicación permite, por ejemplo, que una pequeña fuerza aplicada en un área reducida se transforme en una gran fuerza en un área mayor, lo que facilita el levantamiento de cargas pesadas con un esfuerzo mínimo. (Imparte Conocimientos, 2013)

1.1.1.2. Incomprensibilidad de los líquidos.

La incompresibilidad relativa de los líquidos emerge como una propiedad fundamental en la mecánica de fluidos, particularmente en el diseño y análisis de sistemas que dependen de la transmisión de presión. Al tener el módulo de bulk elevado nos permite la propagación casi instantánea de la presión a través del medio fluido, un principio explotado en sistemas hidráulicos para poder aumentar la fuerza.

Aunque ningún fluido es estrictamente incompresible, los líquidos presentan una compresibilidad tan baja que, para la mayoría de las aplicaciones prácticas, se consideran incompresibles. Esta suposición simplifica significativamente los modelos matemáticos y las predicciones del comportamiento de fluidos en una amplia gama de aplicaciones prácticas, desde frenos automotrices hasta maquinaria pesada. (Bansal, 1989)

1.1.1.3. Transmisión de fuerza y energía.

La transmisión de fuerza y energía en los sistemas hidráulicos a bordo de embarcaciones es el proceso que utiliza fluidos bajo presión que en la mayoría de las veces es aceite hidráulico, para poder transferir potencia que puede ser una bomba accionada por un motor hasta un sistema final como pueden ser los timones, hélices o grúas, ofreciendo más precisión y control para ejercer las labores.

1.1.1.4. Relación entre presión, fuerza y área.

Esta relación se demuestra a través de la formula $P = \frac{F}{A}$ y nos permite una mejor comprensión de como los fluidos transmiten fuerza dentro de un sistema. Este principio es importante para diseñar y manejar equipos hidráulicos, ya que permite calcular con precisión cuánta fuerza puede generar un fluido al actuar sobre alguna superficie en especial, también es fundamental para la amplificación de fuerzas en sistemas hidráulico cuyo comportamiento se

sustenta en la ley de Pascal misma que no es indica que los cambios de presión en un fluido que se encuentra en un circuito cerrado se transmiten de manera uniforme en cualquier dirección.

1.1.1.5. Relación entre caudal y velocidad.

La relación precisa entre el caudal Q y la velocidad v es $Q = A \cdot v$ donde A es el área transversal y v es la velocidad promedio. Esta ecuación indica que el caudal es directamente proporcional tanto a la magnitud de la velocidad promedio como al tamaño del conducto. Cuanto mayor sea el conducto, mayor será su área de sección transversal. (LibreTexts, s.f.)

Este principio es importante tanto en la hidráulica como en la hidrodinámica naval, por el hecho de que siempre al determinar un caudal hay que verificar las variables de las que este depende, en este caso la velocidad del fluido y el área de sección.

1.1.1.6. Principio de Bernoulli.

El principio de Bernoulli es esencialmente una aplicación del principio de conservación de la energía a los fluidos en movimiento. En un flujo constante, la energía total de un fluido a lo largo de una línea de corriente permanece constante. Esta energía incluye la energía asociada con la presión del fluido, la energía cinética de su movimiento y la energía potencial debida a su elevación. Cuando un fluido acelera al pasar por una constricción o al ascender, esta aceleración se debe a una fuerza neta sobre el fluido en la dirección del movimiento. Según la segunda ley de Newton, esta fuerza solo puede ser causada por una diferencia de presión o por la fuerza de la gravedad. Por lo tanto, si la velocidad de un fluido aumenta, debe haber una disminución en su presión o en su elevación (o ambas) para contabilizar la energía adicional cinética. (Tipler & Mosca, 2010)

1.1.2. Componentes principales de los sistemas hidráulicos

- Tanque: Nos sirve como reservorio, almacenando el aceite hidráulico y a su vez enfriándolo, permitiendo que el aire se separe del aceite.
- Filtro: Cumplen con la función de eliminar contaminante, basuras o inconsistencias del fluido hidráulico, protege también a los demás componentes de daños potenciales logrando así un desempeño optimo.
- Válvula de control: Es el medio que usa el operario para controlar la dirección en la que el fluido va a recorrer por el sistema.
- Accionador o cilindro hidráulico: El accionador convierte la energía hidráulica en energía mecánica para realizar trabajo. Los cilindros producen un movimiento lineal utilizado para operar cucharones, hojas, plumas y otros implementos. Los motores hidráulicos producen un movimiento rotativo utilizado por el sistema motriz, el de dirección y otros sistemas de los vehículos. (Mario Castillo Componentes Oleohidráulicos, 2019) (Mario Castillo Componentes Oleohidráulicos, 2019)
- Tuberías: Sueles ser mangueras o tubos donde el fluido se puede mover, las más recomendadas son las mangueras flexibles ya que estas permiten el movimiento, absorben la vibración y reducen el ruido, por otra parte, los tubos son de anclaje rígido, pero a su vez disipan más el calor.
- Válvula de alivio: Es la válvula que controla la presión, limitando la misma en todo el sistema. Esta actúa cuando la presión supera su parte máxima.
- Enfriador: Es el encargado de eliminar el calor presente en el fluido hidráulico, prolongando así la vida útil de todo el sistema.

1.1.3. Aceites

El aceite hidráulico no comprimible transfiere potencia dentro de la maquinaria. No solo transfiere potencia de una parte de un sistema a otra, sino que algunos tipos de aceite hidráulico pueden tener la función de refrigerante (evitando que el equipo se sobrecaliente), sellador (evitando la contaminación) o lubricante (reduciendo la fricción). (TrAchem Ltd., 2024)

Basándonos en la división de la hidráulica en hidrodinámica e hidrostática, tenemos diferentes fluidos hidráulicos. En primer lugar, los fluidos hidráulicos para aplicaciones hidrodinámicas se denominan aceites de transmisión de potencia. En segundo lugar, los fluidos hidráulicos para aplicaciones hidrostáticas se denominan aceites hidráulicos. Además, en esta última aplicación, las presiones aplicadas son altas y los caudales bajos. Por eso, los aceites hidráulicos tienen que ser fluidos no compresibles que transfieran potencia dentro de un sistema o equipo. (Valvoline Global Operations, s.f.)

1.1.3.1. *Minerales*

Los aceites hidráulicos minerales son derivados del petróleo crudo, se someten a un proceso de refinado y en este se añaden aditivos para optimizar actividades como lubricante, cumpliendo así funciones cruciales como protección anti-desgaste, la inhibición de la oxidación y mejora el índice de viscosidad, brindando así una mayor resistencia a los cambios de temperatura. Gracias a su proceso de obtención esta es una opción más económica en comparación a los aceites sintéticos. Estos aceites convencionales pueden ofrecer protección contra la corrosión y el óxido, y una alta estabilidad frente a la oxidación, lo que protege contra la descomposición química debido a la exposición al agua en condiciones de humedad. (TrAchem Ltd., 2024)

1.1.3.2. *Sintéticos:*

Los aceites hidráulicos sintéticos se diseñaron para compensar las deficiencias de los aceites hidráulicos minerales. Se fabrican con aceites base de origen químico, lo que explica su rendimiento superior al de los aceites hidráulicos minerales. Además, han demostrado su rendimiento a altas temperaturas, su excelente estabilidad a la oxidación y su biodegradabilidad. Sin embargo, como fluidos sintéticos, tienen un coste mucho más elevado, pueden ser muy tóxicos y son potencialmente incompatibles con algunos materiales de sellado. (Valvoline Global Operations, s.f.)

Estos aceites también se pueden encontrar a base de poliéster y ésteres fosfatados los cuales son muy viscosos que cumplen a la perfección funciones de lubricación a altas temperaturas; por consiguiente, existen a base de agua-glicol que cuentan con una buena resistencia al fuego, pero es más recomendado usarlo en lugares donde no existan altas temperaturas ya que debido a su base acuosa presentan una mayor tendencia a la evaporación.

1.1.3.3. Biodegradable/Vegetal

Este tipo se ha desarrollado por las exigencias actuales en cuanto a la protección del medio ambiente. Se pueden usar en aplicaciones fijas u móviles en equipos tanto industriales como de minería o deslizamiento de tierras. También existen otras ventajas. En comparación con los aceites hidráulicos minerales, los aceites vegetales tienen un "punto de inflamación" más alto, lo que ofrece más resistencia al fuego y estabilidad térmica. También son buenos lubricantes para reducir el desgaste. (TrAchem Ltd., 2024)

1.1.4. Importancia de la hidráulica para el sistema de gobierno

La hidráulica es importante hoy en día para los sistemas de gobiernos por su mejora en cuanto a la maniobrabilidad de los buques su seguridad y así mismo ofrece un mayor control del rumbo de la embarcación frente a condiciones climáticas desafiantes.

Al poder transmitir una mayor fuerza por medio de los fluidos nos permite un timón mucho más suave, reduciendo el esfuerzo humano, haciendo la tarea del timonel más cómoda y precisa, ya que en casos modernos es posible una automatización mediante sistemas electrónicos conocidos como pilotos automáticos, este último se beneficia de la rápida respuesta que ofrece el sistema hidráulico al momento de hacer los cambio en la pala.

También es importante recalcar la fiabilidad y durabilidad de este sistema ya que son más robustos y resistentes frente a sus antecesores como el sistema mecánico o eléctrico puro.

1.2. Sistema de gobierno

Es aquel cuya misión es dirigir el buque desde un punto a otro de la superficie de la mar y mantener la derrota efectiva con la mayor precisión posible con respecto a la trazada en la carta. Está compuesto por equipos eléctricos, electrónicos, mecánicos y electromecánicos, como el autopiloto, rueda del timón, compás giroscópico, servotimón, timón, centrales de navegación inercial, repetidores analógicos y digitales, sistemas de transmisión de señales y diversas realimentaciones. (Mascareñas & Ínigo, Sistemas de gobierno del buque, 1999)

A lo largo de la historia este sistema ha evolucionado para obtener una maniobrabilidad más precisa y que exija menos esfuerzo sobre el timonel, entre los avances más significativos se encuentran los sistemas de gobiernos hidráulicos. Estos sistemas permiten, mediante el uso de

fluidos (más comúnmente aceites), una transición de fuerza y precisión entregando un control más fiable y seguro aprovechando los beneficios de la hidráulica. Es ampliamente implementado en la navegación actual también debido a su versatilidad para adaptarse a embarcaciones de distintos tamaños.

En su forma más simple, el sistema hidráulico manual, consiste en una bomba manual instalada en un pedestal o dentro de una consola. Dicha bomba está conectada al motor del servo mediante dos líneas hidráulicas, existiendo un único émbolo o un actuador paralelo que actúa directamente sobre la mecha. La bomba es del tipo bidireccional. Como el aceite del sistema hidráulico manual es susceptible de desgastarse o derramarse, se dota al sistema de un tanque de respeto que permitirá tener el volumen de aceite constante durante toda su operación. Este sistema está equipado con una válvula doble de no-retorno con válvulas de alivio para retener el motor del servo en cualquier posición, para prevenir reacciones en la rueda y para proteger el sistema contra golpes y sobrecargas. (Mascareñas & Pérez-Iñigo, Sistemas de gobierno del buque, 1999)

1.2.1. Tipos de sistemas de gobiernos.

La labor del timonel, aunque fundamental y demandante, se ha optimizado, facilitando la maniobrabilidad de la embarcación. No obstante, el timón no puede permanecer fijo, ya que ello podría generar desviaciones en el rumbo. En la actualidad contamos con tres tipos de sistemas de gobierno para las embarcaciones

1.2.1.1. Gobierno Manual

Este tipo de sistema de gobierno está formado por diferentes componentes: piloto, timonel, sistema de gobierno, buque y realimentaciones. El piloto es el oficial encargado de dar el rumbo a seguir. El timonel es el tripulante encargado de mover la rueda del timón para efectuar la orden

dada por el piloto. El sistema de gobierno es todo el aparataje necesario para mover la pala del timón. El buque es el propio barco en sí. Y las realimentaciones son las indicaciones visuales para que el piloto o el timonel puedan comprobar si se está realizando el rumbo apropiado. (Rodríguez González, 2018)

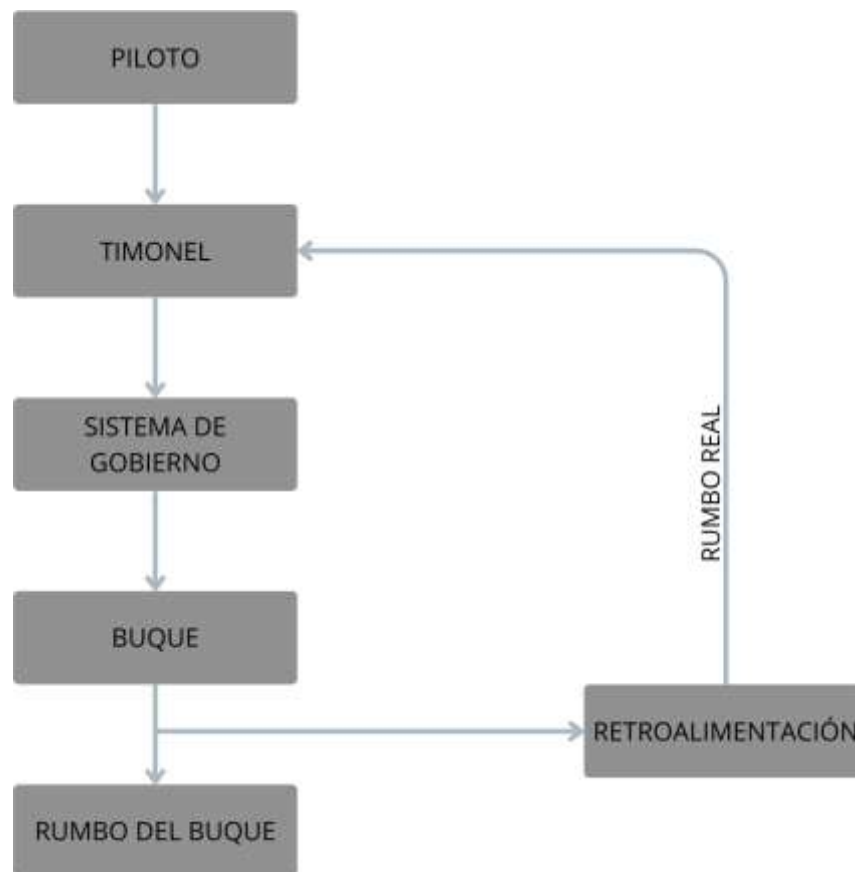


Ilustración 2 Diagramas de bloques, gobierno manual

Fuente: Elaboración propia

El gobierno manual es la acción de dirigirla de forma directa, sin usar ningún sistema electrónico ni automatizaciones, ya que se basa en el control físico del timón, lo que deriva en que sea el timonel el que tome el rumbo de acuerdo su conocimiento o experiencia. Por ende, este es

el que exige una atención personal del timonel para que pueda reaccionar ante cualquier eventualidad.

1.2.1.2. Gobierno automático

De la mano del avance tecnológico apareció este sistema, iniciándose en los buques mercantes cuando estos estaban apostando a la electrónica y con ella el piloto automático, mismo que identifica los errores en el rumbo creados por diversos factores externos y los corrige automáticamente para poder llegar al destino, facilitando la tarea del timonel ya que su presencia no deberá ser de manera constante como en la antigüedad.

En cuanto a la realimentación del sistema se realizaba mediante un compás magnético que convertía los campos magnéticos en tensiones eléctricas compatibles con el piloto automático, pero actualmente solo se utiliza como un sistema de respeto con la llegada del giroscopio y de la central de navegación inercial. (Rodríguez González, 2018)

El giroscopio proporciona rumbos verdaderos detectados, mientras que el compás magnético proporciona rumbos que deben ser corregidos para obtener el rumbo verdadero. (Rodríguez González, 2018)

En resumen, el piloto automático es una unidad de control que proporciona el ángulo del timón necesario para corregir el rumbo del buque, mediante señal eléctricas. El servotimón es el receptor de estas descargas, transformando eso en el giro físico de la pala. Las realimentaciones se basan en el rumbo que marca el compás magnético con el meridiano magnético, mismo que se corregirá al verdadero y emitir señal o bien para mantener el rumbo o para cambiarlo, mientras que el giroscopio si proporciona el rumbo con el meridiano verdadero, ahorrando tiempo y conversiones.

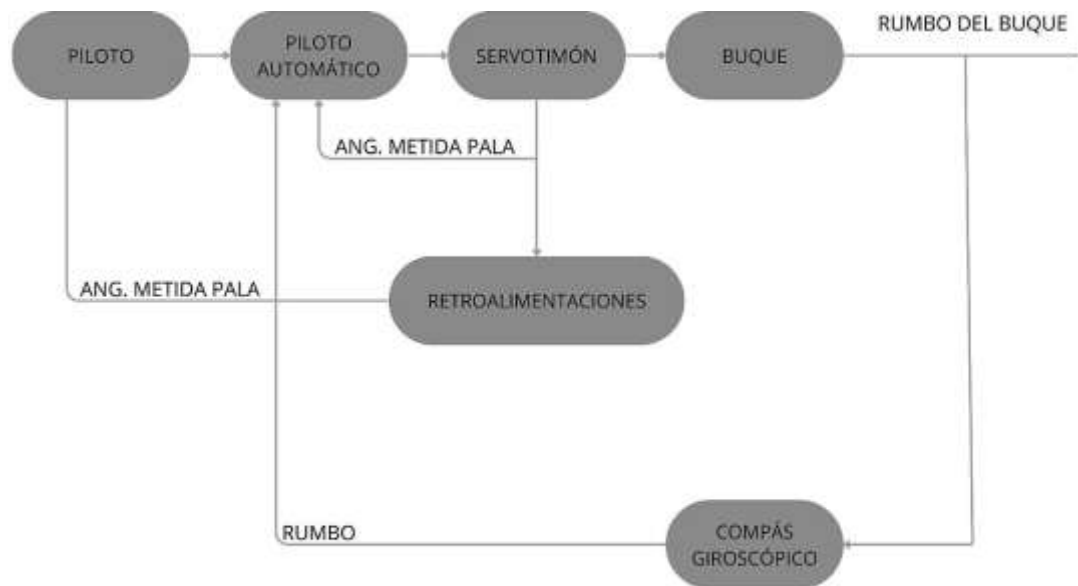


Ilustración 3 Diagrama de bloques, gobierno automático

Fuente: Elaboración propia

1.3. Fallos comunes

1.3.1. Hidráulico

La mayoría de barcos acompaña el gobierno automático con un sistema hidráulico para obtener mayor precisión al accionar el timón, por ende, usan fluidos a presión para poder mover la pala y los fallos principales se deben a fugas de fluido, roturas en tuberías o mangueras, fallos en las bombas o en los cilindros hidráulicos.

1.3.2. Eléctrico

Los fallos eléctricos son interrupciones o fluctuaciones en el flujo de la corriente que alimenta a todos los componentes del control del timón, lo que podría comprometer la maniobrabilidad del buque. Por lo general suelen ser cortocircuitos, conectores quemados, conexiones defectuosas, daños en componentes electrónicos que de no ser atendidos derivan a un daño en el sistema eléctrico.

En caso de posibles averías en el circuito de transmisión de señales es obligatorio que exista una duplicidad de tendidos de cables o tuberías y que se encuentren separados un tendido en una banda del buque y el otro en la opuesta. (Rodríguez González, 2018)

1.3.3. Electrónico

En todo sistema de control los componentes electrónicos siempre son importantes, incluyendo unidades de procesamiento central para interpretar y realizar las ordenes emitidas desde el timón e identificar los algoritmos del piloto automático, adicionando los sensores que sirven para el rumbo del barco, la marea, el tiempo, la velocidad, el ángulo de la pala. Al presentar algún fallo en los componentes antes mencionados desencadenaría un degrade o anulación de la capacidad de gobierno, por ende, se debe dejar de utilizar este sistema por el gran riesgo de que no gire de acuerdo a nuestra necesidad, rapidez o incluso deje de tomar algún rumbo. Los picos de tensión también tienen la capacidad de inhabilitar este sistema al provocarnos fallas en el software.

1.4. Mantenimiento

En primer lugar, se puede definir como mantenimiento según la norma UNE EN 13306:2017 a la “Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida.” (Hernández Cano, 2021)

Es una parte crucial para mantener estándares de óptimos de seguridad y operatividad eficiente, se inicia con la evaluación de daños y reparación de los mecanismos encargados de transmitir la señal del timonel para controlar correctamente el rumbo, dentro de este suele estar incluidos los cables para señales eléctricas, sistemas hidráulicos y el mismo timón.

Lo que implica conservar el sistema de producción funcionando al mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de los fallos, aplicar las normas de prevención y seguridad, minimizar la degradación del medio, controlar y reducir los costes lo máximo posible. (Casais Chouza, s.f.)

1.4.1. Importancia del mantenimiento

El mantenimiento es un factor de gran importancia dentro del sector naval, debido en su mayor consecuencia al endurecimiento de la normativa de seguridad y protección marítima, así como de la prevención de la contaminación por parte de los países, a causa de los numerosos accidentes ocurridos hasta el día de hoy, que han afectado tanto a la vida humana como al ecosistema marino. (Hernández Cano, 2021)

Los factores más relevantes por el cual el mantenimiento es muy necesario e importante son:

- Seguridad: ya que nos brinda una prevención de fallos repentinos, mantienen de la mejor manera todos los componentes y nos ofrece un control de rumbo más seguro y estable.
- Eficiencia operativa: Nuestro sistema al estar en buen estado operará con la eficiencia máxima, por ende, necesitará menos recursos para lograr su cometido reduciendo así el consumo de combustible y reduce tiempo de parada por mantenimiento correctivo.
- Economía: Detectar posibles daños y repararlo antes de que se ocasionen pérdidas materiales o incluso humanas es más económico tanto en mano de obra como en

materiales, en caso de querer vender algún equipo al mantenerse este en buen estado su valor en el mercado podrá ser mayor.

Un plan de mantenimiento es un sistema de organización que establece las tareas a realizar periódicamente, en función de la criticidad de los componentes de la instalación. Estas tareas se clasifican en correctivas y preventivas. Este debe ser adecuado al tipo de buque y a su explotación. También debe tenerse en cuenta el personal disponible para llevarse a cabo, así como los recursos disponibles. Actualmente es muy importante aplicar un correcto plan de mantenimiento a cualquier tipo de buque ya que el medio en el que trabajan es especialmente agresivo. El presupuesto invertido por armadores suele ser elevado pues un correcto mantenimiento a la larga sólo aporta beneficios. Entre los beneficios cabe destacar: Reducción de costes en reparaciones, Alargamiento de la vida del buque, Aumento de la productividad de los equipos y sistemas, Reducción de riesgos de averías. (Capa Morocho, 2019) (Capa Morocho, 2019)

1.4.2. Tipos de mantenimiento.

Actualmente existen variados sistemas para acometer el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de los mismos. (Pinzón)

1.4.2.1. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de un activo, en este se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las condiciones de operación de un activo empresarial. En el activo, se evalúan, se configuran y se gestionan valores de alarma y de actuación de todas aquellas variables que se contemplan relevantes de medir y gestionar. El mantenimiento predictivo

también se puede considerar como una técnica para presagiar el punto futuro de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle, de esta manera, el downtime del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga. (Pinzón)

Mediante las técnicas de monitorización no invasiva como son las inspecciones ultrasónicas, control de electricidad, vibracional, análisis de aceite y termografía infrarroja, se logra un seguimiento riguroso del comportamiento funcional de cada máquina, y todos los resultados pasan a través de un algoritmo especializado, para así determinar alguna posible falla.

Este complementa y optimiza el 1.4.2.2 Mantenimiento preventivo ya que gracias a sus análisis se puede lograr que dicho mantenimiento sea más prolongado de lo esperado y sea más concreto para llegar un nivel muy alto en cuanto a rendimiento y optimización de cada componente.

Las ventajas de este tipo de mantenimiento son: (Hernández Cano, 2021)

- Se crea un modelo de mantenimiento que es capaz de alargar la vida útil de los equipos y sistemas al máximo.
- Un menor número de equipos o sistemas rechazados, lo que supone un aumento del control de la calidad.
- Se disminuye el número de paradas e intervenciones en los equipos y sistemas, lo que implica no interrumpir la producción.
- Permite aplicar técnicas de detección de fallos que logran preverlos y procesar la información recopilando así un historial de fallos.
- Un incremento en la seguridad.

- Disminuye la incertidumbre de los fallos, ya que se crea un plan de mantenimiento basado en la prevención y detección.

También presenta ciertos inconvenientes

- Se requiere de personal cualificado para llevar a cabo este tipo de mantenimiento.
- La inversión inicial que supone un elevado coste.



Ilustración 4 Análisis de Luz Ultravioleta

Fuente: (SPECTROLINE, 2018)



Ilustración 5 Inspecciones termográficas

Fuente: (Villa Caro, 2017)

1.4.2.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo (MP) es una estrategia en la que el trabajo de mantenimiento se realiza con antelación para evitar fallos en los activos que pueden provocar tiempos de inactividad, problemas de seguridad y paradas de producción. Los equipos de mantenimiento suelen emplear uno de los dos tipos de mantenimiento preventivo: basado en el calendario o basado en el uso. El mantenimiento preventivo basado en el calendario se basa en trabajos programados con regularidad, mientras que el mantenimiento preventivo basado en el uso se realiza en función de los datos de utilización, como el tiempo de ejecución. (Fluke Corporation, S/N)

En este apartado se realizan acciones sistemáticas destinadas a inspeccionar, ajustar, limpiar incluso reemplazar componentes antes de que estos provoquen una avería mayor, a diferencia del mantenimiento correctivo, este enfoque es basado en rutinas periódicas para detectar anomalías.

La implementación de este mantenimiento nos trae consigo los beneficios de tener una mayor disponibilidad de los equipos, reducir los fallos inesperados en momento de la navegación, extender vida útil de las maquinarias y sus componentes, y se transforma en ahorro económico para la empresa y mayor confiabilidad en todos sus sistemas.

Se caracteriza por:

- Una estrategia de planificación de los trabajos a realizar.
- Mayor organización y rentabilidad de materiales y mano de obra.
- Una previsión de los posibles fallos o averías.
- Conocimiento del presupuesto del plan de mantenimiento.

A pesar de ser un mantenimiento que mejora al correctivo, también presenta ciertos inconvenientes, tales como:

- En muchas ocasiones se sustituyen piezas que todavía no han agotado su vida útil, para ahorrar los tiempos de paradas, lo que conlleva un incremento del coste de mantenimiento.
- Los tiempos de parada afectan notablemente a la producción.
- Se debe tener mejor experiencia y formación del personal. (Hernández Cano, 2021)



Ilustración 6 Mantenimiento Preventivo

Fuente: (Refacciones Summit S.A. de C.V., 2024)

Uno de los parámetros que siempre se realizan en este punto es la revisión o el cambio de aceite mismo que se puede realizar de distintas formas tales como:

- Varilla de medición: Este método es el más común y antiguo, consiste en una varilla ya sea metálica o de plástico en las que vienen marcados los niveles máximos y mínimos.
- Visor: Consta de una pequeña ventana transparente ubicada por lo general a los costados, depende que tan llena esté la ventana para saber el nivel del aceite y al ser transparente podemos observar el estado de este.
- Sensores electrónicos: Los encontramos en sistemas modernos de grandes embarcaciones, se instalan sensores que monitorean el nivel, la temperatura, la presión y la existencia de agua en el aceite.
- Tubo visor externo: Consiste en ubicar una manguera resistente a la presión y temperatura del sistema, la misma tiene que ser transparente y estar conectada a una salida inferior del

tanque hidráulico, ubicada verticalmente en el exterior de este. Al ser el aceite un fluido no comprensible el nivel que se muestra en la manguera será el nivel real dentro del tanque.

1.4.2.3. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel cuyo objetivo principal es el de realizar acciones correctivas a equipos y sistemas cuando dejan de funcionar, debido a los fallos que ocurren durante su operatividad. Es el mantenimiento más sencillo, puesto que la acción se traduce en reparar cuando ocurre el fallo, realizándose en equipos o sistemas donde el fallo no afecte a la criticidad del conjunto, no siendo el caso para equipos o sistemas más complejos, donde el coste económico sería mucho mayor. (Hernández Cano, 2021)

El mantenimiento correctivo en sistemas hidráulico de gobierno marítimo se trata sobre ejecutar tareas tras un fallo en el sistema, con el propósito de que este vuelva estar operativo. Al ser daños en su mayoría inesperados, se pueden dar tanto en el puerto como en alta mar. Se pueden dar mayormente en actuadores hidráulicos o unidades de potencia, desencadenando consigo una detención temporal de toda operatividad del buque

Lo podemos dividir en dos categorías según la planificación:

- Programado: Siendo este el mantenimiento que se programa para la parada más próxima, ya que, se ha detectado algún fallo o deterioro, pero este no compromete en la totalidad el funcionamiento del sistema. Ej. Una fuga de aceite, el sistema puede funcionar con una menor intensidad, pero no requiere intervención inmediata, pero si atención a penas se llegue a puerto
- No programado: Este mantenimiento se da cuando el fallo ocurre de manera inesperada o repentina, por ende, es obligatoria una intervención para restablecer la

funcionalidad del sistema al menos para que se puedan movilizar al puerto más cercano, no existe planificación previa ni análisis que hayan previsto tal daño, al ser daños críticos en su mayoría generan costos elevados y muchos riesgos. Ej. El fallo de una bomba hidráulica puede causar la pérdida del gobierno del buque, así que, es obligatoria una reparación de emergencia para recuperar el control de la embarcación.



Ilustración 7 Fuga de fluido hidráulico en equipos industriales

Fuente: (Thangam Joy, 2023)

Capítulo II: Descripción del proyecto.

Un sistema general suele tener estos componentes para un correcto funcionamiento:

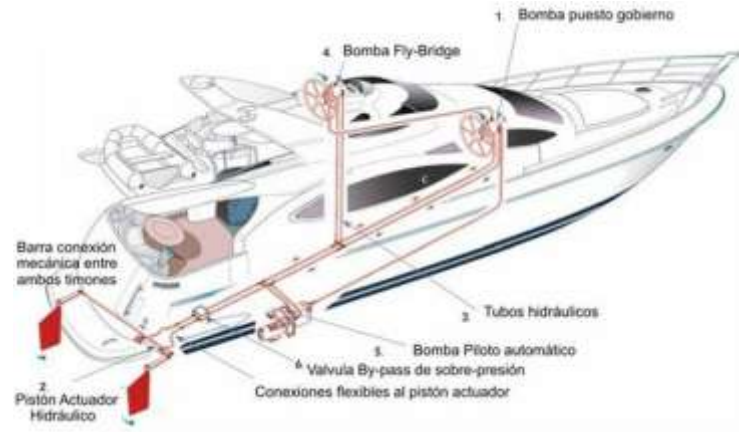


Ilustración 8 Ilustración 8 Diseño común del sistema hidráulico de lanchas

Fuente: (Fondear S.L, s.f.)

La embarcación de estudio, “El Rey” cuenta con un sistema de gobierno hidráulico de tipo servo, algo simple, pero totalmente confiable y eficiente para este tipo de lanchas, mismas que por sus longitudes se tiende a eliminar el uso de sistemas eléctricos, electrónicos y bombas externas.

Este tipo de sistemas permite al timonel a tener una dirección más controlada y precisa por el uso del orbitrol, que cumple con la función que suele tener una bomba convencional para estos casos.

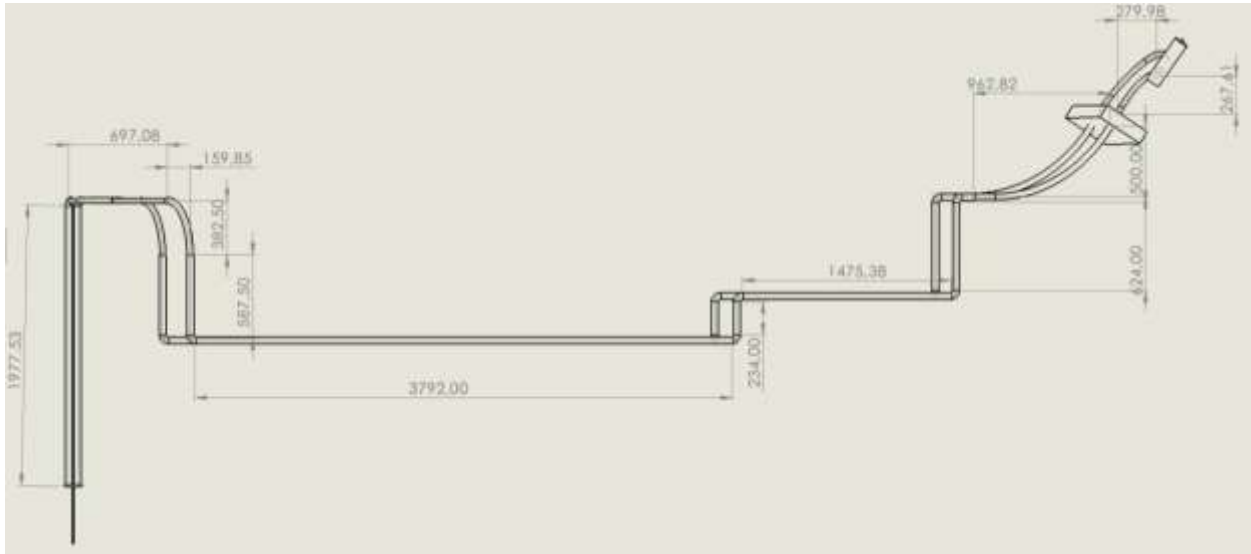


Ilustración 9 Sistema hidráulico real a escala de la embarcación EL REY

Fuente: Elaboración propia

2.1. Funcionamiento del sistema hidráulico

2.1.1. Tanque de compensación

- Es un pequeño depósito cilíndrico de aproximadamente 35 cm de largo por 10 cm de diámetro, mismo que tiene una capacidad de 2.5 litros.
- Almacena el aceite hidráulico necesario para el funcionamiento del sistema.
- No hay bomba de presión: el sistema funciona por acción del orbitrol, mediante el movimiento manual del volante de timón.

2.1.2. Orbitrol

- Se trata de una válvula de control hidráulico que funciona como distribuidor de presión hacia las líneas de trabajo.

- Tiene cuatro puertos:
 - Dos conectados al tanque (suministro y retorno).
 - Dos conectados a las líneas de trabajo (una para babor y otra para estribor).
- Permite, al girar el volante, dirigir el flujo de aceite hacia uno u otro lado del sistema, accionando los gatos hidráulicos ubicados en popa.

2.1.3. Líneas hidráulicas

- Estas se extienden desde el orbitrol hasta la popa del barco, cruzando por zonas de maquina y por las zonas estructurales de la nave.
- Originalmente vienen compuesta por una combinación de mangueras y tubos, lo cual generaba riesgos por flexión, corrosión y modificaciones no estándar.
- En la intervención se sustituyeron por tubos de acero galvanizado de ½” cédula 40 en los tramos estructurales, y mangueras hidráulicas en zonas flexibles.

2.1.4. Gatos hidráulicos

- Se encuentra un par de gatos en la embarcación que están diseñados para trabajar en sistemas alrededor de 500 libras, se mantiene esta capacidad porque una sobre potenciación sería ilógico porque el sistema que tiene no entregará más de 500 lb, adicional a esto se aumentaría el peso, mientras que uno inferior sería una pésima decisión porque al tener un sistema de 500 lb unos gatos que no lo pueden soportar tienden a ocasionar un fallo estructural accidentes.
- Se encuentra ubicado en la zona de popa, reciben el aceite a presión y transforman esa energía en movimiento lineal
- Este movimiento acciona la pala del timón a través de un abanico y eje barón, logrando así el cambio de rumbo de la nave.

2.1.5. Pala de timón

- Es una mono-pala de tipo convencional que se encuentra sostenida por el eje principal, misma que está con unos bocines en sus puntos de sujeción para permitir el movimiento. fabricada del material acero marino
- Es la superficie que interactúa con el flujo de agua para cambiar la dirección del buque.
- Está conectada mecánicamente al abanico, el cual transmite el esfuerzo de los gatos hidráulicos.

2.2. Normativa

La institución de Dirección General de la Marina Mercante y el Litoral expuso una normativa en el tema de seguridad marítima, “Reglamento de Seguridad para las Naves de la Marina Mercante Nacional. Esta expresa que toda nave debe tener un gobierno de emergencia. Aplicable a embarcaciones de bandera local, lanchas comerciales o de pesca.

Internacionalmente se cuenta con una normativa ISO 11592-1- Small Craft – Determination of Maximum Propulsion Power. Es aplicable a embarcación no mayor a 30 metros de eslora. Y expresa que toda embarcación debe tener manualmente un total control de la embarcación aun con sistema principal obsoleto para casos de emergencia. Otro método que se propone también es un control manual independiente como algún tipo de remo.

La norma ISO 14726:2008 – Ships and marine technology — Identification colours for the content of piping systems, es la encargada de la codificación por colores al momento de pintar todo el sistema de tuberías.

Como complemento se tiene también la norma ISO 14726 – Identificación de Tuberías. Que expresa textualmente que toda tubería de líneas hidráulicas debe contar con un fondo blanco y una raya amarilla.

2.3. Recursos estimados

CATEGORÍA	TOTAL ESTIMADO (\$)
Resinas y químicos	150.00\$
Herramientas y accesorios de taller	225.00\$
Pinturas y recubrimientos	230.00\$
Metales y piezas de unión	1,225.00\$
Trabajos especializados	1,000.00\$
Materiales varios	200.00\$
Subtotal	3,030.00\$
Iva 15%	454.50\$
TOTAL	3,484.50\$

CAPÍTULO III: EJECUCIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO

3.1. Mantenimiento diario

Las actividades a realizar diariamente son enfocadas en la detección temprana de una posible falla o anomalía visible y sirven también para garantizar que la jornada del día se realizará en óptimas condiciones operacionales.

Esta tarea puede ser realizada tanto por el maquinista como por el capitán dependiendo de la tripulación

- **Verificar el nivel de aceite hidráulico**, consta en comprobar que el nivel del aceite se encuentre dentro de lo recomendado o en su defecto a máxima capacidad. Esto nos ayuda a comprobar también si hay fuga o un consumo excesivo. Para ello debe contar con una buena iluminación y fácil acceso a los puntos de visualización.
- **Inspección de fugas**, aquí se debe revisar la inexistencia fugas en toda la tubería, mangueras, accesorios. Se debe utilizar luces ultravioletas, mismas que harán más fácil y rápida la detección de fugas, adicional unos guapes para comprobar todas las juntas y tuberías.
- **Comprobar el sistema de gobierno**, en este punto se recomienda que el capitán gire tope a tope el timón de forma controlada para cerciorarse de que este suave y no se escuche algo inusual.
- **Limpiar componentes críticos**, estos componentes pueden ser el orbitrol o válvula de dirección y el tanque de compensación, de esta forma evitamos acumulación de suciedad o algún contaminante que ponga en riesgo el sistema hidráulico. Aquí es

muy recomendable usar espátulas para eliminar cualquier impureza adherida, engrasar de ser necesario, y guaiques para una limpieza profunda.

3.2. Mantenimiento semanal

En este segundo nivel de mantenimiento y revisión podemos verificar si algo ha variado de acuerdo con el uso de la embarcación y garantizar que los componentes no hayan sufrido alteraciones por la presión y vibración ejercida por el sistema.

- **Revisar tuberías, mangueras y soportería,** se debe comprobar cada punto de soporte para ver que siga sujetando el sistema de tuberías, verificar que este mismo no tenga alguna grieta o fisura y en cuanto a las mangueras revisar que no haya signos de endurecimiento o resequedad, rigidez y deterioro que pueda comprometer la funcionalidad de este sistema. Una tarea fundamental del maquinista del barco, debe emplear reajuste con la ayuda de llaves ajustables por las distintas medidas en soportería o juntas.
- **Comprobar la presión de trabajo,** en este punto el técnico debe utilizar un manómetro para comprobar que el sistema siga teniendo la misma presión o al menos que se encuentre dentro de los rangos permitidos y establecidos por el fabricante.
- **Purgar el sistema hidráulico,** consta en tener el depósito de aceite lleno, mientras que el maquinista abre las válvulas de purga o desfogue suelen estar en los cilindros o puntos altos, sirve para poder sacar el aire y reestablecer la suavidad del sistema.

3.3. Mantenimiento mensual

El objetivo principal en este punto es revisar el estado general del aceite, alineación y precisión del sistema hidráulico. Este mantenimiento debería ser ejercido por un técnico especializado, ya que, debe contar con un kit para analizar el aceite y herramientas de alineación y calibración, también es fundamental que sepa interpretar correctamente los resultados de cada análisis.

- **Evaluación del estado del aceite**, se debe revisar el color, olor, viscosidad y presencia de partículas metálicas para determinar así un desgaste interno del sistema.
- **Verificación de la alineación del timón**, verificar que la alineación y la respuesta del timón con la pala sea instantánea, y que no existan holguras en los ejes o algún mecanismo de dirección.

3.4. Mantenimiento trimestral

Un mecánico naval debe realizar tareas de lubricación en lugares de constante fricción, y también tiene que revisar los componentes mecánicos estructurales del sistema de dirección, ayudándose con herramientas como torquímetros, llaves milimétricas, buena visualización, pistola para engrasar.

- **Engrase de puntos de articulación y soportes**, se debe lubricar todas las articulaciones, cojinetes y soportes mecánicos que estén envueltos en este sistema.
- **Verificación del par de ajuste**, reajustar el par de apriete de los pernos y fijaciones existentes del sistema del servo y en el orbitrol

- **Inspección del tanque de compensación**, inspeccionar el interior del tanque para analizar su contextura y revisar si no hay sedimentos, agua o alguna contaminación en el aceite que provoque una degradación del mismo.
- **Pintar tuberías**, en específico debe ser realizado por un pintor certificado que cuente con conocimientos de normativas OMI, debería utilizar equipos EPP, pistola y compresor para pintar, desoxidante, pinturas marinas o epóxicas.

3.5. Mantenimiento semestral

Este punto es crítico para asegurar la eficiencia y durabilidad del sistema hidráulico. Lo debe llevar a cabo un mecánico naval que sepa usar bomba extractora de aceite, luz ultravioleta, simuladores de carga, llaves ajustables.

- **Cambio de aceite hidráulico**, consta en sustituir el 100% del aceite por uno nuevo, manteniendo el tipo y la viscosidad indicada por el proveedor.
- **Revisar la estanqueidad general**, detectar alguna micro fuga que se pueda presentar cuando esté operando con normalidad, esto se puede presentar en el cilindro, válvula, accesorio o en las mangueras.
- **Prueba de funcionalidad bajo carga**, va de la mano con el punto anterior y aquí debemos tomar en cuenta el comportamiento bajo condiciones reales pero muy limitadas y verificar la forma en la que responde el sistema.
- **Inspección de los soportes estructurales**, verificar todos los soportes en el sistema para delimitar si hay alguna fisura, deformación o algún elemento suelto.

3.6 Mantenimiento anual

En este último nivel de mantenimiento las tareas a realizar son más exigentes en cuanto a inspección y control de estado de los componentes que tienen a desgastarse más pronto, por ende, un mecánico naval siempre será la primera opción, debe llevar en este caso herramientas y kits de desmontaje, prensas hidráulicas, calibradores llaves ajustable e incluso torquímetro y kit de pruebas con y sin carga.

- **Inspección profunda del gatos y cilindros**, revisar los retenedores, vástagos, sellos, y cada punto de fijación que estos tengan.
- **Prueba de presión y estanqueidad máxima**, aquí pondremos a prueba a todo el sistema operando en su máxima potencia o capacidad.
- **Inspección interna del orbitrol**, desmontaje completo para poder realizar limpieza y revisar las válvulas internas y de ser necesario reemplazar accesorios defectuosos.

3.7. Mantenimiento Aplicado a “El Rey”

Dependiendo de las condiciones detectadas en el sistema, el ambiente marino en el que opera, el mantenimiento realizado se divide en dos fases principales: preventivo y correctivo, mismos que han tenido su explicación a lo largo de esta investigación.

3.7.1. Métodos de revisión de daños

Se realizó una inspección visual del estado de todas las tuberías, conexiones, abrazaderas y soportes y también se comprobó que no haya fugas visuales de los fluidos.

Se revisó el nivel y consistencia de los fluidos del sistema para verificar la calidad de estos, así mismo comprobar que no esté contaminado.

Se operó la fluidez del timón y la respuesta que tenía la pala a cada movimiento, también con esta prueba podemos escuchar algún ruido fuera de lo normal.

El orbitrol también fue sujeto a una prueba para poder determinar alguna holgura interna o algún desperfecto que se presente.

3.7.2. Mantenimiento preventivo

Fue centrado en la inspección visual, seguido a esto se realiza la limpieza, protección con recubrimientos y sustituir elementos antes de que fallen, para evitar un daño de gran magnitud en el sistema de navegación.

3.7.2.1. Actividades realizadas

3.7.2.1.1. Limpieza del tanque de compensación

Se detectó rápidamente una fuga en la base del tanque, misma que fue rectificada mediante un refuerzo bajo soldadura, adicional a esta reparación se limpió el interior de este y como último

paso le aplicamos una pintura anticorrosiva adecuada para el ambiente marino al que esta unidad se encuentra sometida.



Ilustración 10 Tanque de compensación de la embarcación “El Rey”

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 11 Tanque de compensación reparado y pintado de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.1.2. Inspección de líneas hidráulicas

A primera vista se obtienen datos principales de la construcción de estas líneas, mismas que cuentan con una intercalación entre tubo-manguera y manguera-tubo en toda la trayectoria de las líneas, también se hace fácil detectar una corrosión parcial es parte de la línea.

Para mitigar estas alteraciones se tomó la decisión de reemplazar todo el tramo más largo, que comprende la sala de máquinas. Los sobrantes del tubo existente y mangueras recuperables en la embarcación se limpiaron, usando para esto diluyente, cepillos de acero y posteriormente se pintaron con un anticorrosivo.



Ilustración 12 Inspección de líneas hidráulicas de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 13 Tubería Restaurada de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.1.3. Limpieza de accesorios deteriorados

En cuanto a los accesorios principales y de mayor relevancia, se procedió a realizar la limpieza y recuperación de aquellos que presentaban mejores condiciones superficiales.

Entre esto se incluían codos, tee, uniones y acoples. No obstante, una parte significativa de estos componentes presentaban daños debido al desgaste y a la oxidación.



Ilustración 14 Accesorios con corrosión mínima de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 15 Elementos restaurados de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.1.4. Mantenimiento a soporte macho

Este soporte mantiene a la pala y también es donde se aloja el abanico mismo que conecta con los gatos y se encarga de realizar los movimientos guiados por estos últimos, se encontraba cubierto de oxido e impurezas, pero se pudo solventar con una limpieza adecuada, quedó listo para el nuevo abanico que se estaba fabricando en el torno.

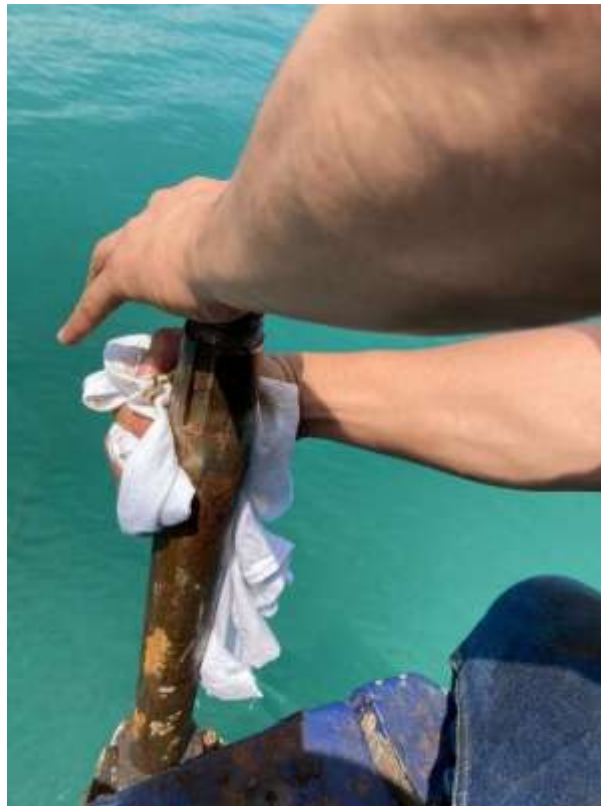


Ilustración 16 Soporte macho del abanico corroído de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 17 Soporte macho restaurado

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.1.5. Limpieza externa de los gatos hidráulicos

Cuando los gatos estaban desarmados para su mantenimiento interno se realiza una pulida a la carcasa de estos para eliminar impurezas y óxido, posterior a esto se le aplico pintura para poder alargar la vida útil de este.

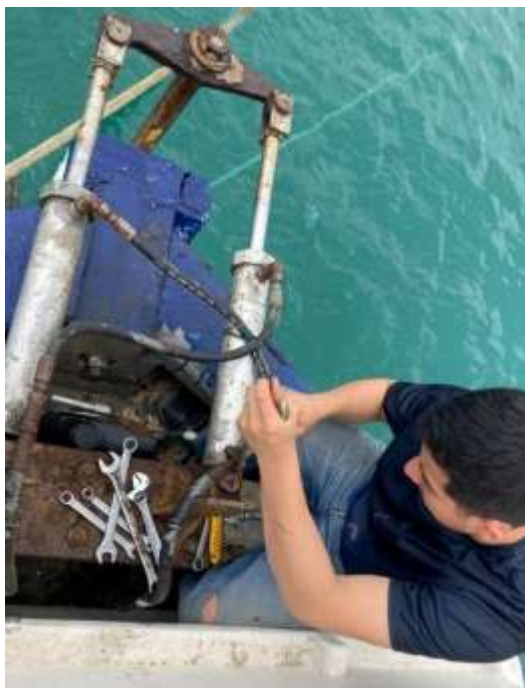


Ilustración 18 Gatos hidráulicos de la embarcación "El Rey" en mal estado y con fuga

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 19 Gatos hidráulicos de la embarcación "El Rey" después de limpieza interna y externa

Fuente: Elaboración propia

Junto a este mantenimiento de las carcasas también se llevó al torno la base de los gatos para mecanizar los agujeros y dejar todo completamente libre de impurezas, posterior a eso se le aplico las debidas capas de pintura para que pueda soportar el ambiente abrasivo al que está expuesto, en cuanto a su fijación en la nueva tabla se utilizaron pernos de 1/2" x 6" de monel.



Ilustración 20 Antes y después del soporte de los gatos hidráulicos

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.1.6. Recubrimiento de accesorios expuestos

A cada codo, unión, tee y demás accesorios presentes en el sistema hidráulico por la parte de popa se ha tomado la decisión de envolver con una cinta engrasada, porque esta parte es la más expuesta al agua protegiendo así a los accesorios y alargando su vida útil.



Ilustración 21 Recubrimiento con cinta engrasada

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 22 Todos los accesorios recubiertos con cinta engrasada expuestos al mar

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.1.7. Limpieza de la pala

Como último punto preventivo se realizó una limpieza de microorganismos y suciedad que suele estar presente siempre en toda la parte que está en la zona de obra viva, se retiraron algas y pequeños moluscos también.



Ilustración 23 Pala antes del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 24 Pala sin ningún microorganismo

Fuente: Elaboración propia

3.7.3. Mantenimiento correctivo

En este apartado se atendieron fallas que involucraban la operatividad de la embarcación, desgastes mayores por corrosión, alteraciones fuera de los estándares y pérdida en el sellado de componentes importantes para este sistema.

3.7.3. Actividades realizadas

3.7.3.1. Rediseño de líneas hidráulicas de trabajo y cambio de mangueras del tanque

El sistema inicialmente mostraba alteraciones entre tubo y manguera en tramos muy seguidos, generando así un mayor riesgo de rotura.

Se compro tubería para poder cambiar y mejorar los tramos rectos, en cuanto a tramos que deberían ser flexibles se modificó con unas mangueras nuevas. Cabe resaltar que las nuevas presentan una mayor resistencia tanto a las condiciones ambientales a las que estarán expuestas, Como una mejor tolerancia a la presión de trabajo, el sustituyente en la parte de tubería es un tubo inoxidable 304, de 1-1/2” con cedula 40.



Ilustración 25 Conexiones nuevas en la salida del cuarto de máquinas

Fuente: Elaboración propia

Se retiran las mangueras que van desde el tanque hasta el orbitrol, una vez hecha una prueba visual se puede determinar que las uniones, acoples y demás accesorios que llevan las mangueras se encuentran en mal estado, también se detectó que las mangueras presentaban unos pequeños cortes, por lo tanto, no superaron la prueba de presión, entonces se cambiaron por nuevas y más resistentes.



Ilustración 26 Mangueras nuevas para tanque de compensación

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 27 Tubería nueva para completar líneas de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.2. Cambio de accesorios

Hubo muchos accesorios que no se pudieron recuperar por su gran daño corrosivo, por ende, se procede a comprar nuevos y realizar cambios correspondientes.



Ilustración 28 Accesorios con gran daño corrosivo

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 29 Accesorios nuevos para la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia

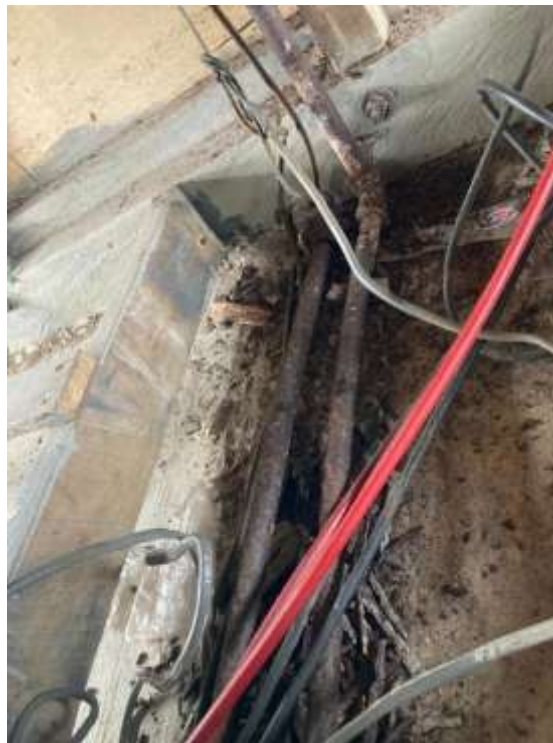


Ilustración 30 Líneas viejas del transporte de aceite de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.3. Cambio de soportes de fijación

Las bases de maderas que estaban en este sistema ya estaban muy deterioradas, así que, se retiraron y se fabricaron unas nuevas bases, de esta forma se puede aumentar la fijación más fuerte y firme de los tubos presentes en la sala de máquina.



Ilustración 31 Antes y después de soporte de tuberías

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 32 Bases de soporte de madera

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.4. Revisión y reparación de gatos hidráulicos

Se procedió con el desarme completo de los gatos para así poder hacer una inspección interna, con ello se tuvo que hacer cambios de los sellos, orings y bocines en los pines donde hay una fuga notable.



Ilustración 33 Interior de los gatos hidráulicos

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 34 Gatos hidráulicos previos a reparación

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 35 Retenedores y orings de los gatos hidráulicos de la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.5. Cambio de abanico del timón

El abanico que se encontraba en la embarcación presentaba mucho desgaste dejando así una fuga considerable no solo en los bocines sino en el material ferroso del abanico, todo en conjunto provoca una baja respuesta en los movimientos.



Ilustración 36 Abanico antiguo de la embarcación "El Rey" corroído en su totalidad

Fuente: Elaboración propia

Como método correctivo se envió al torno con medidas exactas para fabricar lo más parecido posible, y ahora queda trabajando de una manera más fluida optimizando así el trabajo y el tiempo.



Ilustración 37 Abanico nuevo fabricado en el torno

Fuente: Elaboración propia

La tuerca que tiene de 1-1/2" y las arandelas, se reemplazaron porque estaban demasiados corroídos.



Ilustración 38 Tuerca del abanico deteriorada

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 39 Tuerca nueva ya instalada en la embarcación "El Rey"

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.6. Recubrimiento estructural

Al momento de cambiar las mangueras por tuberías rectas se tuvo que ampliar los huecos para que estos puedan pasar libremente, mismos huecos que serán perfeccionados con fibra de vidrio, para que tenga un sello hermético en cada salida y no se filtre agua.



Ilustración 40 Huecos salientes de sala de máquinas

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 41 Manguera que ingresaba a la sala de máquinas

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 42 Adaptación de huecos más grandes para poder cambiar el tramo por tubería

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.7. Cambio de aceite hidráulico

Al momento de realizar tanto mantenimientos preventivos como correctivos, se retiró el aceite viejo y se ubicó uno nuevo y adecuado para el sistema, el siguiente paso fue rellenar todo el aceite y purgar para eliminar el aire que debe existir después de todos los cambios, posterior a la purga del sistema se filtró el aceite para eliminar alguna impureza en el sistema.



Ilustración 43 Aceite hidráulico rando iso 68p

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 44 Filtración de aceite al momento de purgar el sistema

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La inspección realizada al sistema hidráulico permitió identificar de manera precisa el estado operativo actual del mismo. Durante la evaluación se evidenció el desgaste de ciertos componentes, la presencia de conexiones expuestas al ambiente marino con inicio de corrosión, así como signos de deterioro en las mangueras. También, se detectaron fugas en puntos específicos y fluctuaciones en la presión de trabajo. Este diagnóstico permitió establecer las prioridades de intervención necesarias.

Se implementaron las medidas correctivas y preventivas correspondientes expresados a detalle en el CAPÍTULO III: EJECUCIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO, se sustituyeron las mangueras y juntas dañadas, se ajustaron las conexiones y se restableció la solidez del sistema. La reparación se llevó a cabo utilizando piezas de repuesto compatibles con las especificaciones técnicas del fabricante, lo que garantizó la integridad estructural y funcional del sistema hidráulico.

Con base a intervenciones realizadas en la embarcación, se ha diseñado un plan de mantenimiento integral que incluye medidas preventivas y un calendario escalonado (diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual) para mantener la eficiencia y la seguridad del sistema. Este plan incluye procedimientos claros para prolongar la vida útil de los componentes.

Después de implementar las medidas correctivas y preventivas, se llevó a cabo una prueba dinámica del sistema de dirección. El timón respondió de manera inmediata y suave, sin ruidos anormales ni fugas visibles, y la presión se mantuvo dentro del rango recomendado. Como resultado, se confirmó que el sistema había recuperado sus condiciones óptimas de funcionamiento y que cumplía con los estándares de seguridad y rendimiento necesarios para la navegación segura del barco.

RECOMENDACIONES

Para prolongar la vida útil de los componentes del sistema de dirección hidráulica, se debe llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo sistemático que se expone en este proyecto el cual incluye actividades diarias, semanales, mensuales, trimestrales y anuales.

Capacitar al personal de navegación en procedimientos estandarizados de inspección y mantenimiento que priorizan la detección temprana de fugas, desgaste y fallas en componentes importantes.

Evite el uso de piezas de baja calidad que puedan reducir el rendimiento del sistema y utilice repuestos originales y lubricantes certificados de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Realizar periódicamente pruebas de funcionamiento del sistema de gobierno para verificar que el buque cumple con los criterios de seguridad y maniobrabilidad en los que se deja la embarcación.

Hacer un registro de mantenimiento digital que documente todas las intervenciones realizadas, incluyendo la fecha, las piezas sustituidas, los resultados de las inspecciones y las observaciones.

ANEXOS

Anexo A: Plano en SolidWorks de sistema de tuberías hidráulicas de la embarcación

“El Rey”

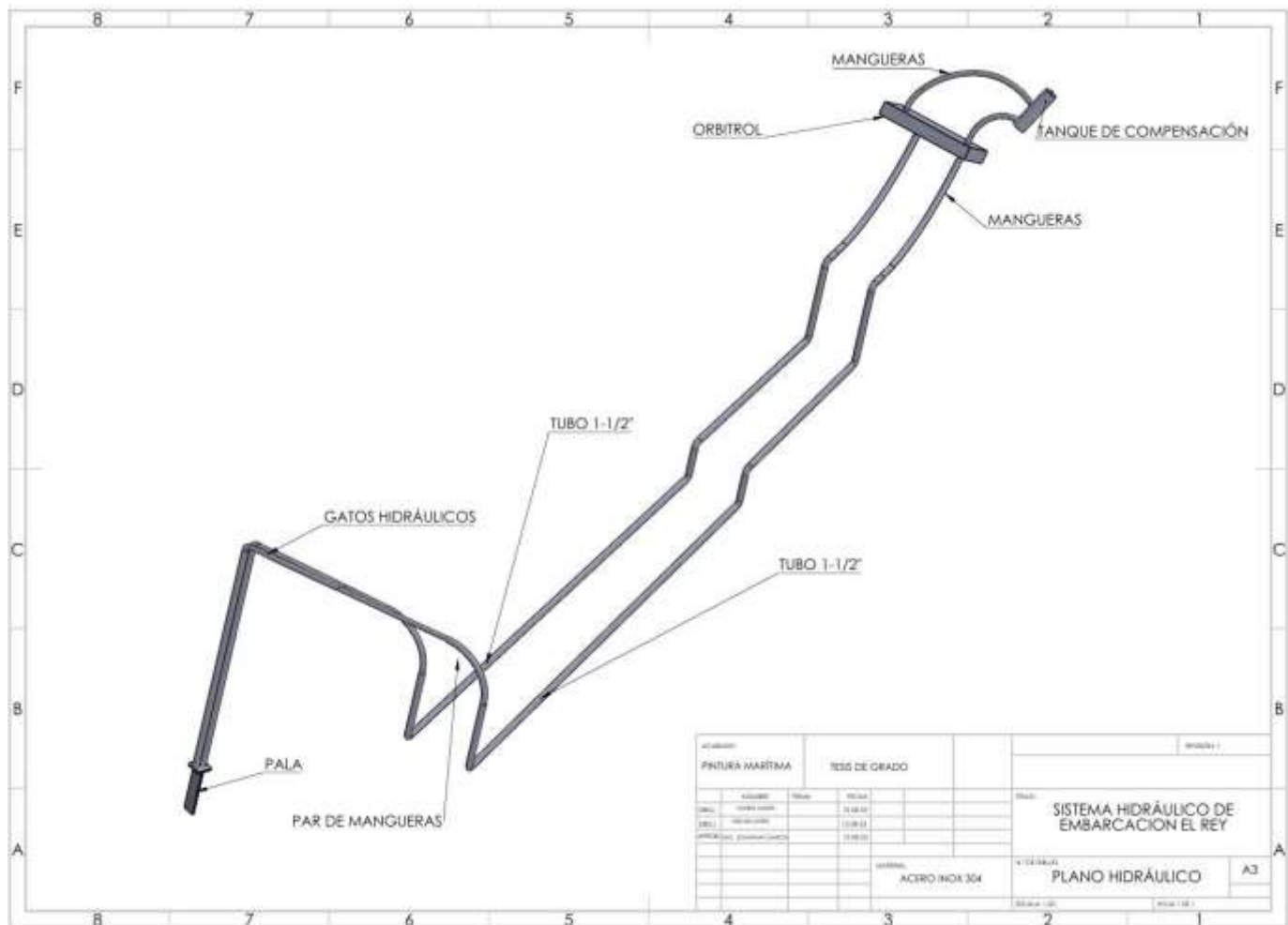


Ilustración 45 Plano a escala 1:23 del sistema hidráulico

Fuente: Elaboración propia

Anexo B: Mantenimiento preventivo y correctivo



Ilustración 47 Montaje de abanico

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 46 Desmontaje de gatos hidráulicos

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 48 Limpieza y pulido de tubos reciclado

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 49 Pintado de tuberías, para mejor la resistencia a la corrosión

Fuente: Elaboración propia

Anexo C: Recursos

Recursos humanos

Tabla 1 Detalle de los recursos humanos y su aporte en el desarrollo del proyecto

Nombre	Función o cargo	Aporte al proyecto
Kevin Oscar López Fernández	Estudiante	Investigador
Maikel Rafael Mora Tapia	Estudiante	Investigador
Ing. Jonathan García	Asesor de proyecto	Tutor de titulación

Recursos institucionales

Tabla 2 Detalle de los recursos institucionales y lugar de origen

Equipo/laboratorio/software (otros)	Área	Facultad
Libros	Mecánica	Ingeniería
Barco	Marítimo	Ingeniería

Recursos materiales y económicos

Tabla 3 Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto

N°	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Resina andercol	5	\$ 3,85	\$ 19,25
2	Galón vacío	2	\$ 0,50	\$ 1
3	Botella de 250 ml	2	\$ 0,25	\$ 0,50
4	Mecx peróxido	1	\$ 12,00	\$ 12,00
5	Disco de pulir Norton	6	\$ 3,50	\$ 21,00
6	Dióxido de titanio	1	\$ 8,50	\$ 8,50
7	Talco chino	2	\$ 2,25	\$ 4,50
8	Pigmento negro	1	\$ 32,00	\$ 32,00
9	Brocha 4" Stanley	10	\$ 2,25	\$ 22,50

10	Fibra de vidrio	2	\$	4,66	\$	9,32
11	Estireno monómero	2	\$	3,41	\$	6,82
12	Parafina	2	\$	7,38	\$	14,76
13	Caneca de aceite hidráulico	1	\$	58,00	\$	58,00
14	Pernos inoxidables	25	\$	3,50	\$	87,50
15	Tira fondo 3/8x3-1/2	20	\$	1,77	\$	35,40
16	Pintura de varios colores	40	\$	6,80	\$	272,00
17	Maestro febrero	7	\$	16,75	\$	117,25
18	Torno	1	\$	752,75	\$	752,75
19	Acero marino	1	\$	60,00	\$	60,00
20	Resma de hoja	2	\$	6,00	\$	12,00
21	Tornillo	100	\$	0,50	\$	50,00
22	Punta destornillador	2	\$	1,42	\$	2,84
23	Juego de brocas mm	2	\$	15,00	\$	30,00
24	Sierra Sandflex 12"	2	\$	8,00	\$	16,00
25	Lima triangular	2	\$	7,00	\$	14,00
26	Orings	12	\$	25,88	\$	310,56
27	Galón desengrasante	4	\$	6,00	\$	24,00
28	Neplo de acero al carbón 1/2x12"	4	\$	4,50	\$	18,00
29	Pack de retenedores	1	\$	8,26	\$	8,26
30	Anillo inoxidable 1/2"	16	\$	0,14	\$	2,24
31	Anillo inoxidable 1/2" de presión	32	\$	0,19	\$	6,08
32	tuercas inoxidables	18	\$	1,50	\$	27,00
33	Clavo multiusos 5" (kg)	5	\$	7,32	\$	36,60
34	Trapos de limpieza	2	\$	1,75	\$	3,50
35	Cepillo de acero	8	\$	4,10	\$	32,80
36	Disco de corte 4"	3	\$	2,18	\$	6,54
37	Polifan	3	\$	1,09	\$	3,27
38	Cinta maskin	3	\$	1,20	\$	3,60
39	Espátula con mango plástico	1	\$	0,94	\$	0,94
40	Lija	3	\$	0,69	\$	2,07
41	Escoba dura	2	\$	3,15	\$	6,30
42	Tablón	2	\$	13,68	\$	27,36
43	Barniz	1	\$	5,00	\$	5,00
44	Acople	3	\$	6,00	\$	18,00
45	Ferrula	12	\$	4,00	\$	48,00
46	Tee inox 304 1/2"	4	\$	2,00	\$	8,00
47	Codos de 90° inoxidable	16	\$	12,00	\$	192,00
48	Adaptador mp-mj	8	\$	12,00	\$	96,00
49	Unión inox 1/2"	6	\$	2,01	\$	12,06
50	Manguera r2 france	15	\$	4,00	\$	60,00
51	Anillo plano	2	\$	1,71	\$	3,42
52	Tuberias	3	\$	10,25	\$	30,75

53	Rosca de tubos	16	\$	1,70	\$	27,20
54	Spray 20wd40	1	\$	9,82	\$	9,82
55	Pruebas de presión al tanque	2	\$	15,00	\$	30,00
56	Soldador	12	\$	3,75	\$	45,00
57	Cinta teflón	10	\$	1,13	\$	11,30
Subtotal					\$	2.775,56
IVA 15%					\$	416,33
TOTAL					\$	3.191,89

Anexo D: Formatos plan de mantenimiento

EMBARCACIÓN EL REY		PLAN DE MANTENIMIENTO			
SISTEMA HIDRÁULICO		UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI			
		AUTORES:		OSCAR LÓPEZ MAIKEL MORA	
Mantenimiento diario					
Actividad	Tiempo estimado	Materiales necesarios		Responsable a cargo	
Verificar nivel de aceite hidráulico	15 min	Linterna, guantes		Capitán / Maquinista	
Inspección de fugas	15 min	Luz ultravioleta, guantes		Capitán / Maquinista	
Comprobar sistema de gobierno	15 min	Timón		Capitán	
Limpiar componentes críticos	30 min	Espátulas, guantes, grasa		Capitán / Maquinista	
Historial mantenimiento diario					
Justificación del mantenimiento	Actividades realizadas	Check (X)	Daño encontrado	Materiales utilizados	
Mantenimiento preventivo	Verificar nivel de aceite hidráulico				
Mantenimiento preventivo	Inspección de fugas				
Mantenimiento preventivo	Comprobar sistema de gobierno				
Mantenimiento preventivo	Limpiar componentes críticos				
Diagnóstico del estado actual					
Fecha	Estado actual de sistema hidráulico				
FIRMA RESPONSABLE A CARGO					

Ilustración 50 Mantenimiento diario

Fuente: Elaboración propia

EMBARCACIÓN EL REY		PLAN DE MANTENIMIENTO			
SISTEMA HIDRÁULICO		UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI			
		AUTORES:		OSCAR LÓPEZ MAIKEL MORA	
Mantenimiento semanal					
Actividad	Tiempo estimado	Materiales necesarios		Responsable a cargo	
Revisar tuberías, mangueras y zapatería	60min	Llaves ajustables, guantes		Capitán / Maquinista	
Comprobar presión de trabajo	60min	Manómetro hidráulico		Capitán / Maquinista	
Purgar sistema hidráulico	90min	Llaves, válvulas de purga, aceite hidráulico		Capitán / Maquinista	
Historial mantenimiento semanal					
Justificación del mantenimiento	Actividades realizadas	Check (X)	Daño encontrado	Materiales utilizados	
Mantenimiento preventivo	Revisar tuberías, mangueras y zapatería				
Mantenimiento preventivo	Comprobar presión de trabajo				
Mantenimiento preventivo	Purgar sistema hidráulico				
Diagnóstico del estado actual					
Fecha	Estado actual de sistema hidráulico				
FIRMA RESPONSABLE A CARGO					

Ilustración 51 Mantenimiento semanal

Fuente: Elaboración propia

EMBARCACIÓN EL REY	PLAN DE MANTENIMIENTO			
SISTEMA HIDRÁULICO	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI			
	AUTORES:	OSCAR LÓPEZ MAIKEL MORA		
Mantenimiento mensual				
Actividad	Tiempo estimado	Materiales necesarios		Responsable a cargo
Evaluación del estado del aceite	120min	Kit de análisis de aceite		Mecánico Naval
Verificación de alineación del timón	90min	Herramientas de alineación, calibradores		Mecánico Naval
Historial mantenimiento mensual				
Justificación del mantenimiento	Actividades realizadas	Check (X)	Daño encontrado	Materiales utilizados
Mantenimiento preventivo	Evaluación del estado del aceite			
Mantenimiento preventivo y/o correctivo	Verificación de alineación del timón			
Diagnóstico del estado actual				
Fecha	Estado actual de sistema hidráulico			
FIRMA RESPONSABLE A CARGO				

Ilustración 52 Mantenimiento mensual

Fuente: Elaboración propia

EMBARCACIÓN EL REY	PLAN DE MANTENIMIENTO			
SISTEMA HIDRÁULICO	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI			
	AUTORES:	OSCAR LÓPEZ MAIKEL MORA		
Mantenimiento trimestral				
Actividad	Tiempo estimado	Materiales necesarios		Responsable a cargo
Engrase de puntos de articulación y soportes	90min	Pistola para engrasar, grasa, gualpe, torquimetro		Mecánico Naval
Verificación del par de ajuste	60min	Llaves dinamométricas, torquimetro		Mecánico Naval
Inspección del tanque de compensación	90min	Linterna, gualpes		Mecánico Naval
Pintar tuberías (normas OMI)	120min	Pistola para pintar, compresor, EPP, pintura marina, desoxidante, gualpe, diluyente		Pintor certificado
Historial mantenimiento trimestral				
Justificación del mantenimiento	Actividades realizadas	Check (X)	Daño encontrado	Materiales utilizados
	Engrase de puntos de articulación y soportes			
	Verificación del par de ajuste			
	Inspección del tanque de compensación			
	Pintar tuberías (normas OMI)			
Diagnóstico del estado actual				
Fecha	Estado actual de sistema hidráulico			
FIRMA RESPONSABLE A CARGO				

Ilustración 53 Mantenimiento trimestral

Fuente: Elaboración propia

EMBARCACIÓN EL REY	PLAN DE MANTENIMIENTO			
SISTEMA HIDRÁULICO	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI			
	AUTORES:	OSCAR LÓPEZ MAIKEL MORA		
Mantenimiento semestral				
Actividad	Tiempo estimado	Materiales necesarios		Responsable a cargo
Cambio de aceite hidráulico	40min	Bomba extractora, aceite hidráulico, llaves ajustables		Mecánico Naval
Revisar estanqueidad general	30min	Luz UV, guantes, llaves ajustables, manómetro		Mecánico Naval
Prueba de funcionalidad bajo carga	30min	Simulador de carga		Mecánico Naval
Inspección de soportes estructurales	90min	Llaves, linterna, guantes		Mecánico Naval
Historial mantenimiento semestral				
Justificación del mantenimiento	Actividades realizadas	Check (X)	Daño encontrado	Materiales utilizados
Mantenimiento correctivo	Cambio de aceite hidráulico			
Análisis preventivo	Revisar estanqueidad general			
Análisis preventivo	Prueba de funcionalidad bajo carga			
Mantenimiento preventivo	Inspección de soportes estructurales			
Diagnóstico del estado actual				
Fecha	Estado actual de sistema hidráulico			
FIRMA RESPONSABLE A CARGO				

Ilustración 54 Mantenimiento semestral

Fuente: Elaboración propia

EMBARCACIÓN EL REY	PLAN DE MANTENIMIENTO			
SISTEMA HIDRÁULICO	UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI			
	AUTORES:	OSCAR LÓPEZ MAIKEL MORA		
Mantenimiento anual				
Actividad	Tiempo estimado	Materiales necesarios		Responsable a cargo
Inspección profunda de gatos y cilindros	120min	Kit de desmontaje, prensa hidráulica, calibradores		Mecánico Naval
Prueba de presión y estanqueidad máxima	90min	Kit de pruebas, simulador de carga		Mecánico Naval
Inspección interna del orbital	150min	Herramientas de limpieza, Kit de repuestos		Mecánico Naval
Historial mantenimiento anual				
Justificación del mantenimiento	Actividades realizadas	Check (X)	Daño encontrado	Materiales utilizados
Mantenimiento correctivo	Inspección profunda de gatos y cilindros			
Análisis - Mantenimiento correctivo	Prueba de presión y estanqueidad máxima			
Mantenimiento correctivo	Inspección interna del orbital			
Diagnóstico del estado actual				
Fecha	Estado actual de sistema hidráulico			
FIRMA RESPONSABLE A CARGO				

Ilustración 55 Mantenimiento anual

Fuente: Elaboración propia

Anexo E: Cronograma anual

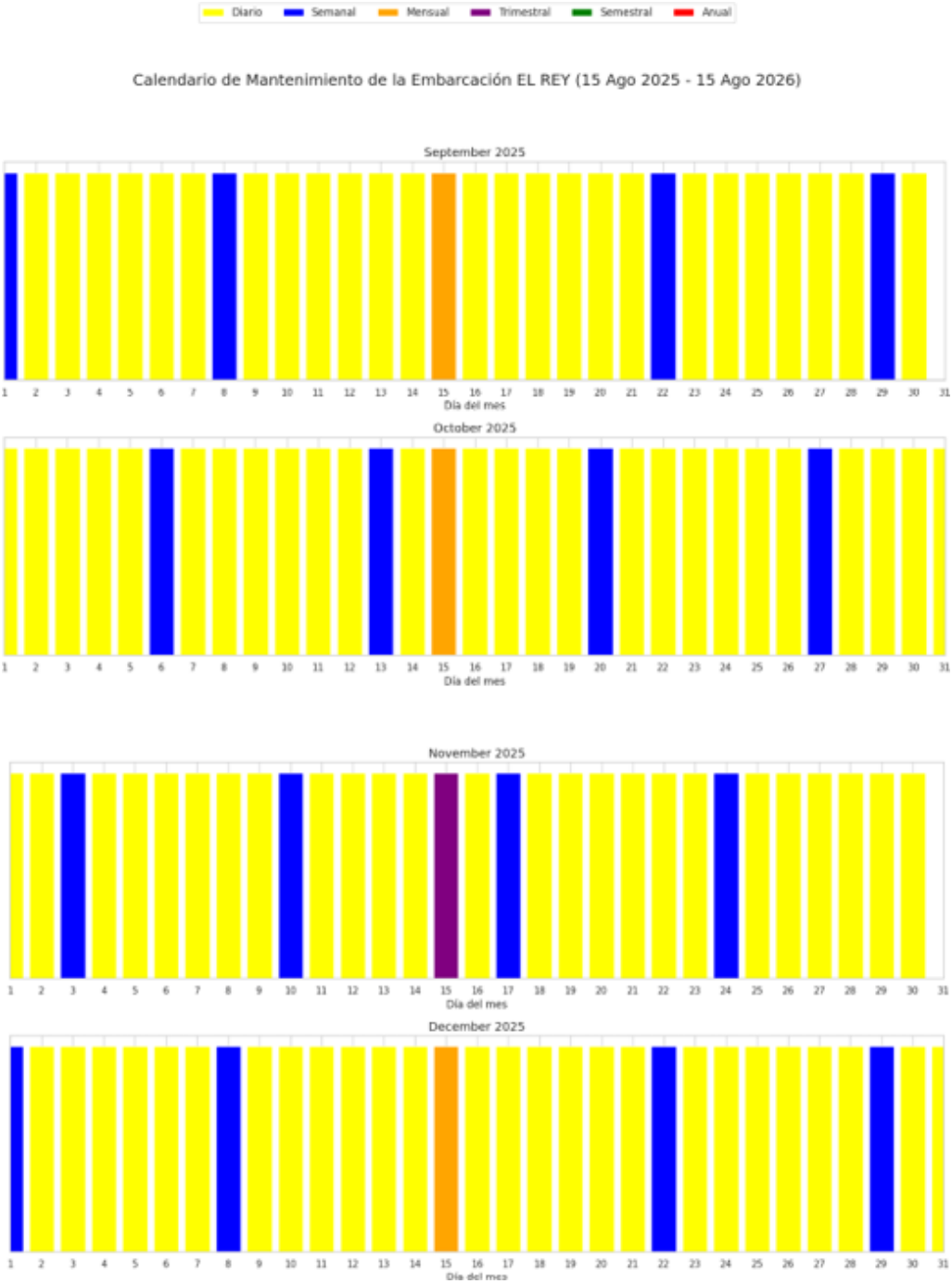


Ilustración 56 Cronograma parte 1/3

Fuente: Elaboración propia

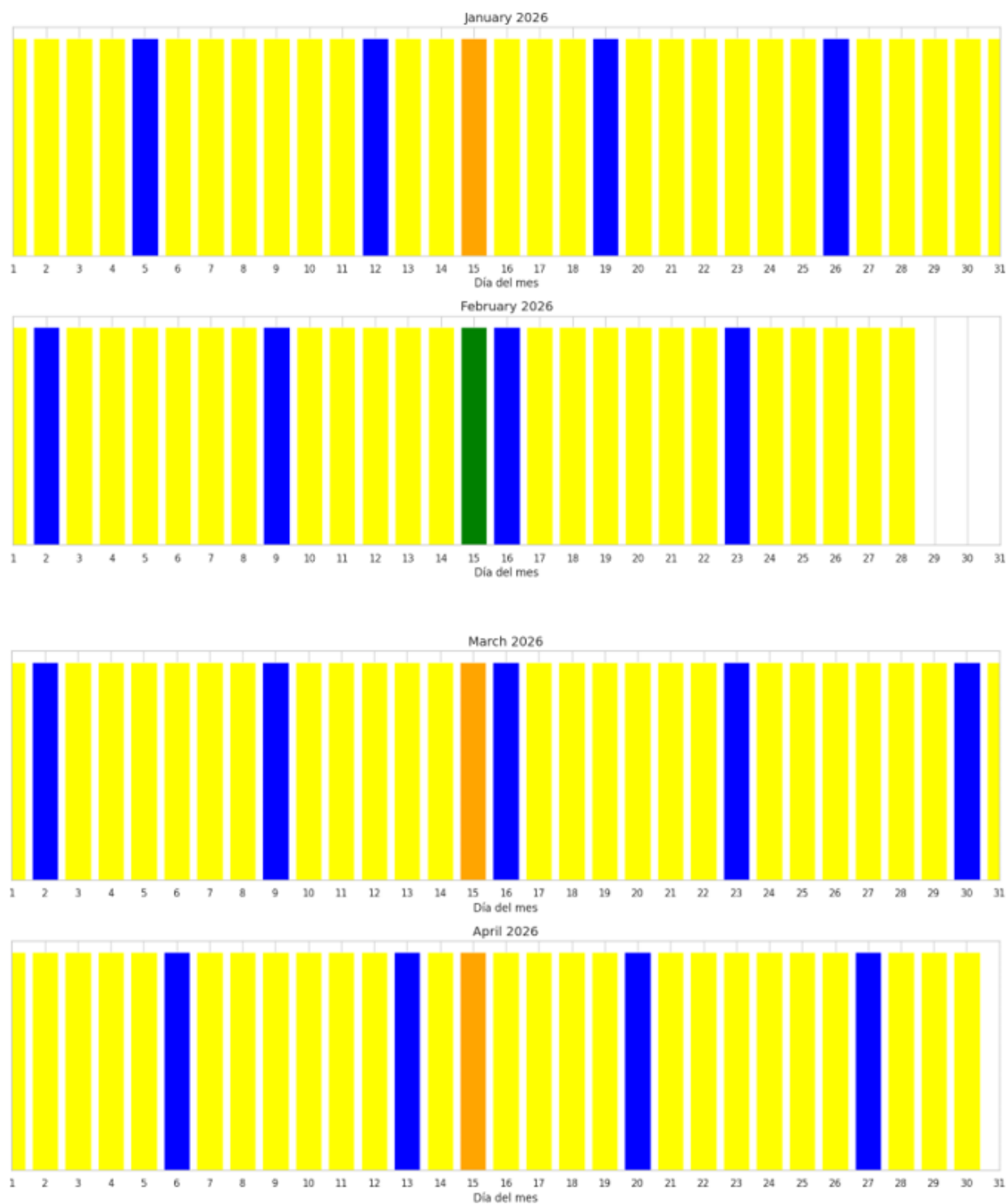


Ilustración 57 Cronograma parte 2/3

Fuente: Elaboración propia

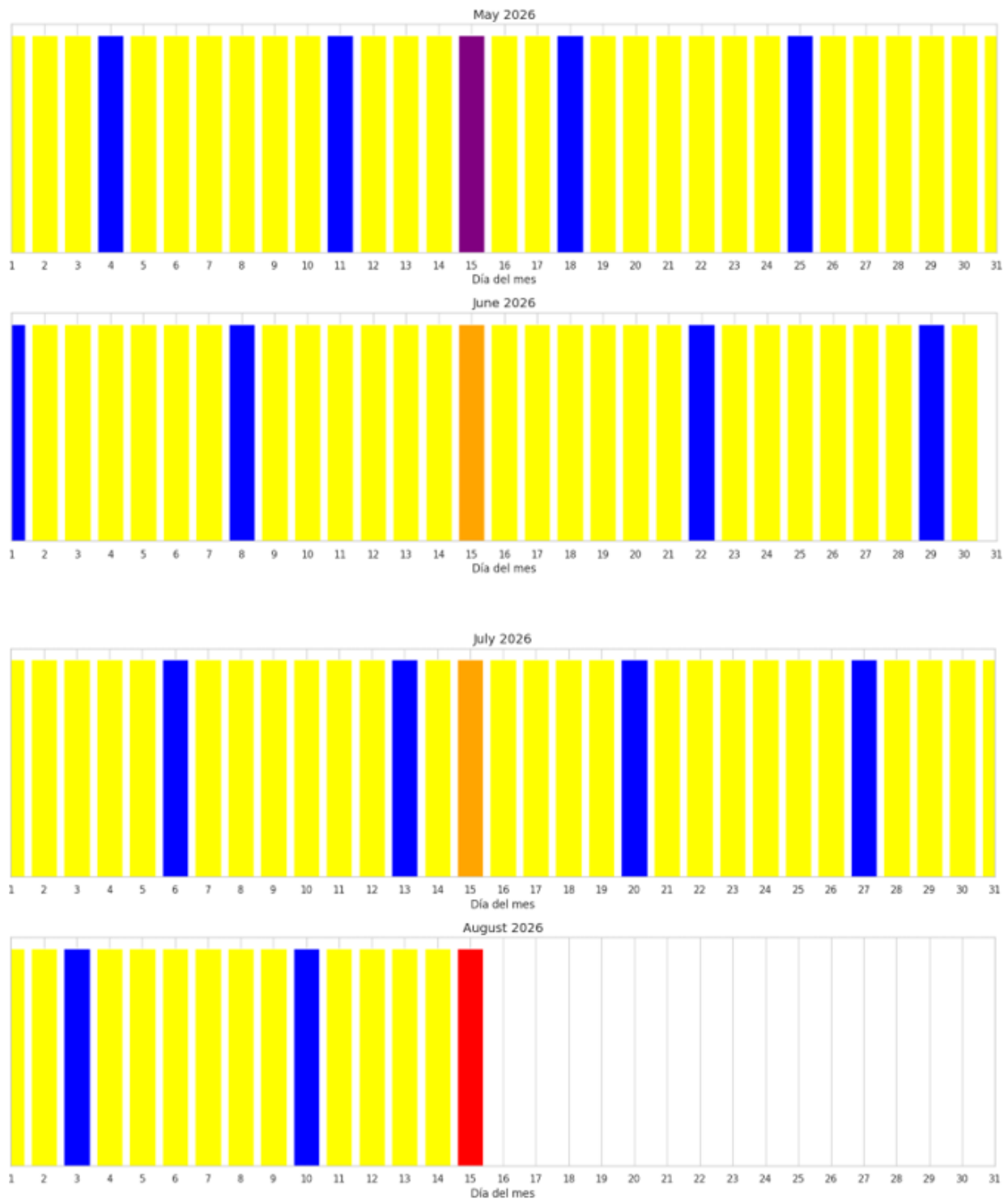


Ilustración 58 Cronograma parte 3/3

Fuente: Elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

Bansal, D. R. (1989). *Fluid Mechanics and Hydraulic*. LP. Obtenido de <https://archive.org/details/a-text-book-of-fluid-mechanics-and-hydraulic-machines-dr.-r.-k.-bansal-1/mode/1up>

Cadavid, J. H. (2006). *Hidráulica de canales: fundamentos*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad - Eafit. Obtenido de <https://books.google.com.mx/books?id=3gqME66cnhwC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

Capa Morocho, Y. A. (2019). *Plan de Mantenimiento del barco pesquero "Ciudad de Cartagena"*. Trabajo final de grado, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/6241ae12-10d5-42d9-9fe0-e4e79c8319d1/content>

Casais Chouza, J. J. (s.f.). *Ingeniero Marino*. Obtenido de <https://ingenieromarino.com/plan-de-mantenimiento-del-buque/>

Fluke Corporation. (S/N). *eMaint*. Obtenido de <https://www.emaint.com/es/what-is-preventive-maintenance/>

Fondear S.L. (s.f.). *Fondear*. Obtenido de http://www.fondear.org/infonautic/Barco/Diseno_Construccion/Direccion-Hidraulica/Direcciones_Hidraulicas.asp

Hernández Cano, J. A. (2021). *PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN DE UN BARCO PESQUERO POLIVALENTE APLICANDO METODOLOGÍA RCM*. Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Cartagena,

Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/dcf77210-0cd7-4d3a-837e-cbb9e20b36a1/content>

Imparte Conocimientos. (02 de 04 de 2013). *Imparte Conocimientos*. Obtenido de ¿Cómo se aplica el principio de Pascal en sistemas hidráulicos?: https://imparteconocimientos.com/como-aplica-principio-pascal-sistemas-hidraulicos/?utm_source

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. (2023). *Causas de los accidentes marítimos muy graves en la pesca 2014-2021*. Madrid: Datos abiertos. Obtenido de <http://cpage.mpr.gob.es>

Jungheinrich. (s.f.). *Guía-Profi*. Obtenido de Profi shop Jungheinrich: https://www.jungheinrich-profishop.es/es/guia-profi/que-es-la-hidraulica/?srsltid=AfmBOor1EvWAGQBhjP4lw75WpYgbiXrfQgZV17zwz_6QAaE9s5SU4PJL

LibreTexts. (s.f.). Obtenido de LibreTexts TM ESPANOL: [https://espanol.libretexts.org/Fisica/Fisica_Conceptual/Introducci%C3%B3n_a_la_F%C3%ADsica_\(Parque\)/03%3A_Mec%C3%A1nica_I_-_Energ%C3%ADa_y_Momento%2C_Oscilaciones_y_Ondas%2C_Rotaci%C3%B3n_y_Fluidos/07%3A_Fluidos/7.07%3A_Caudal_y_su_relaci%C3%B3n_con_la_ve](https://espanol.libretexts.org/Fisica/Fisica_Conceptual/Introducci%C3%B3n_a_la_F%C3%ADsica_(Parque)/03%3A_Mec%C3%A1nica_I_-_Energ%C3%ADa_y_Momento%2C_Oscilaciones_y_Ondas%2C_Rotaci%C3%B3n_y_Fluidos/07%3A_Fluidos/7.07%3A_Caudal_y_su_relaci%C3%B3n_con_la_ve)

Mario Castillo Componentes Oleohidráulicos. (Agosto de 2019). *Castillo e hijos*. Obtenido de <https://castilloehijos.cl/wp-content/uploads/2021/manual-del-estudiante-hidraulico.pdf?hl=es-ES>

Mascareñas, C., & Ínigo, P. (1999). *Sistemas de gobierno del buque*. Cádiz, España: Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz.

Mascareñas, C., & Pérez-Iñigo. (1999). *Sistemas de gobierno del buque*. CÁDIZ: UNIVERSIDAD DE CÁDIZ.

Paez, D., Cacante, J., & León, H. (S/N). *Sistemas Hidráulicos*. En D. Paez, J. Cacante, & H. León, *Sistemas Hidráulicos* (págs. 1-5). Bogotá, Colombia: Universidad ECCI. Obtenido de <https://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/Sistemas%20Hidraulicos.pdf>

Pinzón, C. (s.f.). *Tipos de mantenimiento que pueden ser aplicado a cualquier organización*. CMMShere. Obtenido de <https://cmmshere.com/wp-content/uploads/2023/01/art-CMMShere-tipos-mantenimiento.pdf>

Refacciones Summit S.A. de C.V. (10 de Abril de 2024). *Summit Soluciones Hidráulicas*. Obtenido de <https://refaccionessummit.com/blog/guia-paso-a-paso-mantenimiento-preventivo-de-sistemas-hidraulicos>

Rodríguez González, M. (2018). *Sistema de gobierno de un buque: Diseño de un autopiloto para una embarcación de pequeña eslora*. Trabajo de Fin de Grado para obtención del título de graduado en Ingeniería Radioelectrónica Naval, ULL: Universidad de La Laguna, Tenerife. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/9589/Sistemas%20de%20gobierno.%20Diseno%20de%20un%20autopiloto%20para%20una%20embarcacion%20de%20pequena%20eslora.Maricha.pdf>

SCAM MARINE. (s.f.). *Nautic Expo*. Obtenido de Nautic Expo Connect: <https://www.nauticexpo.es/prod/scam-marine-doo/product-25655-303232.html>

Solé, A. C. (2011). *Neumática e hidráulica* (Segunda ed.). Barcelona, España: MARCOMBO S.A. Obtenido de

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=V_RjOrxMEw4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=principio+de+neumatica+e+hidr%C3%A1ulica&ots=LIN4EqsYWX&sig=jrzAM7No1FSBS-UptV69iRWASel#v=onepage&q&f=false

SPECTROLINE. (20 de Septiembre de 2018). *SPECTROLINE LEAK DETECTION*. Obtenido de <https://spectroline.com/es/oil-glo-finds-hydraulic-leaks-in-industrial-systems/>

Thangam Joy, A. (25 de Febrero de 2023). *TAMESON*. Obtenido de <https://tameson.es/pages/uso-seguro-del-fluido-hidraulico>

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología* (Sexta ed., Vol. 1). Editorial Reverté. Recuperado el 05 de 2025, de https://www.reverte.com/libro/fisica-para-la-ciencia-y-la-tecnologia-i-6-ed_121640/

TrAchem Ltd. (3 de Abril de 2024). *Oil Store.co.uk*. Obtenido de <https://www.oil-store.co.uk/es/blog/the-types-of-hydraulic-oils/>

Valvoline Global Operations. (s.f.). *Valvoline*. Obtenido de Valvoline by aramco: <https://www.valvolineglobal.com/en-ksa/hydraulic-oils-definition-types-uses-and-benefits/>

Villa Caro, R. (Febrero de 2017). *Exponav*. Obtenido de <https://exponav.org/blog/puertos-y-buques/el-mantenimiento-predictivo-en-los-buques/>