

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA



**“MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA
INCREMENTAR DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN UNA PLANTA
PESQUERA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**

AUTOR: CHRISTIAN ARTURO DIAZ PEDRAZA

ASESOR: DR. JOSÉ FRANCISCO ROGRÍGUEZ LAVA

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ

6. INFORME FINAL DE TESIS DIAZ PEDRAZA CHRISTIAN

15%
Textos sospechosos

15% Similitudes
1% similitudes entre comillas
1% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: 6. INFORME FINAL DE TESIS DIAZ PEDRAZA CHRISTIAN.pdf ID del documento: dcf7ae7cafa99132e28d259e4cf36e896feb3eb3 Tamaño del documento original: 1,52 MB	Depositante: FIME PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION Fecha de depósito: 5/8/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 5/8/2024	Número de palabras: 21.391 Número de caracteres: 148.478
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.usanpedro.edu.pe https://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/20.500.129076/20414/1/Tesis_66290.pdf	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (683 palabras)
2	repositorio.unac.edu.pe https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/8142/1/TESIS - OYOLA - CASTILLO.pdf 17 fuentes similares	2%		🔗 Palabras idénticas: 2% (394 palabras)
3	1. TESIS FINAL LUIS ADRIANZEN SALCEDO.pdf 1. TESIS FINAL LUIS ADRI... #84a9de 🔍 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 12 fuentes similares	2%		🔗 Palabras idénticas: 2% (365 palabras)
4	Documento de otro usuario #775c48 🔍 El documento proviene de otro grupo 11 fuentes similares	1%		🔗 Palabras idénticas: 1% (324 palabras)
5	repositorio.upn.edu.pe https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31860/Paredes Concepcion Astrid Kharely.p... 2 fuentes similares	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (212 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unac.edu.pe https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7269/TESIS - CACERES SANCHEZ 20...	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
2	hdl.handle.net "Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibil... http://hdl.handle.net/20.500.12952/4374	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
3	www.journalingeniar.org https://www.journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/download/131/192/535	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
4	repositorio.ucv.edu.pe https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/130605/Valdivieso_YJW-Fernandez_R...	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
5	repositorio.unac.edu.pe "Modelo de gestión de mantenimiento para el incremen... https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4405	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unac.edu.pe https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/8897/TESIS - QUISPE-LAPIZ.pdf?seq...	24%		🔗 Palabras idénticas: 24% (5381 palabras)
2	repositorio.unac.edu.pe https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/8897/1/TESIS - QUISPE-LAPIZ.pdf	24%		🔗 Palabras idénticas: 24% (5362 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920320874
2	https://snp.org.pe/sala-de
3	https://www.fao.org/home/en

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Unidad de investigación de la Escuela de Posgrado de la UNAC

TÍTULO:

“Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar disponibilidad de equipos en una planta pesquera”

AUTOR:

- DIAZ PEDRAZA, CHRISTIAN ARTURO / 0000-0001-5402-5842 / 48203422

ASESOR:

- RODRÍGUEZ LAVA, JOSÉ FRANCISCO / 0000-0001-5085-7676 / 09405651

LUGAR DE EJECUCIÓN: UNA PESQUERA EN EL SUR DEL PAÍS

UNIDAD DE ANÁLISIS: EQUIPOS DE LA PLANTA PESQUERA

TIPO: APLICADO

ENFOQUE: CUANTITATIVO

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PRE EXPERIMENTAL

TEMA OCDE: INGENIERÍA MECÁNICA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
UNIDAD DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO
RESOLUCIÓN N° 025-2024-CD-UPG-FIME-UNAC**

JURADO EXAMINADOR

DR. NELSON ALBERTO DÍAZ LEIVA	PRESIDENTE
DR. GUSTAVO ORDOÑEZ CÁRDENAS	SECRETARIO
MG. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI	MIEMBRO
MG. JORGE LUIS ILQUIMICHE MELLY	MIEMBRO

ASESOR

DR. RODRIGUEZ LAVA JOSÉ FRANCISCO

N° DE LIBRO DE TITULACIÓN DE TESIS:	01
N° FOLIO:	120
N° ACTA DE SUSTENTACIÓN:	003-2024-CTT/UPG-FIME-UNAC
FECHA DE APROBACIÓN DE TESIS:	30 DE AGOSTO DE 2024

DEDICATORIA

Agradezco a Dios, por darme la fuerza día a día para lograr mis objetivos propuestos, por iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a personas que me apoyaron y me dieron su compañía en los momentos difíciles.

Agradezco a mi esposa Bianca, por siempre creer en mí, por darme el soporte y la confianza durante todo este tiempo, todo se lo debo a ella.

Agradezco a mis familiares, en especial a mis padres Lourdes y Jaime, que me aconsejaron y creyeron en mí día a día durante estos años.

AGRADECIMIENTO

A la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía por brindarnos la oportunidad y facilidad de contribuir con esta investigación al desarrollo de la Gestión del Mantenimiento en nuestro País.

A los docentes de nuestra Maestría, por todos los conocimientos, consejos y formación impartida.

A mi docente y asesor el Dr. José Francisco Rodríguez Lava, por el apoyo en el desarrollo de la presente investigación profesional. También agradecer a aquellos colegas con los cuales se compartió conocimientos y experiencias profesionales.

INDICE

INDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. Descripción de la realidad problemática	10
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos.....	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación.....	15
1.4.1. Justificación teórica	15
1.4.2. Justificación normativa	16
1.4.3. Justificación práctica	16
1.4.4. Justificación social.....	17
1.4.5. Justificación metodológica.....	17
1.4.6. Justificación ambiental	18
1.4.7. Justificación espacial.....	18
1.5. Delimitantes de la investigación.....	18
1.5.1. Delimitación teórica	18
1.5.2. Delimitación temporal	18
1.5.3. Delimitación espacial.....	18
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
2.2. Bases teóricas.....	25

2.2.1.	Mantenimiento Correctivo.....	25
2.2.2.	Mantenimiento Preventivo	26
2.2.3.	Mantenimiento Predictivo	26
2.2.4.	Ingeniería de Confiabilidad.....	26
2.2.5.	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	27
2.3.	Marco conceptual	44
2.3.1.	Gestión del mantenimiento preventivo	44
2.3.2.	Mantenimiento centrado en confiabilidad	45
2.3.3.	Contexto de operación de los equipos de la planta pesquera	46
2.3.4.	Equipos principales de la planta pesquera	46
2.3.5.	Principio de funcionamiento u operación de la planta pesquera	53
2.3.6.	Disponibilidad	54
2.3.7.	Mantenibilidad	54
2.3.8.	Confiabilidad.....	55
2.4.	Definición de términos básicos	56
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	57
3.1.	Hipótesis	57
3.2.	Hipótesis específicas	57
3.3.	Operacionalización de variable independiente	58
3.4.	Operacionalización de variable dependiente.....	59
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	60
4.1.	Diseño metodológico	60
4.2.	Método de investigación	61
4.3.	Población y muestra	61
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	62
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	62
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	62
4.7.	Aspectos Éticos en Investigación.....	63
V.	RESULTADOS.....	64
5.1.	Resultados descriptivos	64
5.2.	Resultados inferenciales.....	65
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	71
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	72

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	74
VII. CONCLUSIONES	75
VIII. RECOMENDACIONES	77
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	78
X. ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Nivel de severidad	40
Tabla 2.2: Nivel de ocurrencia	41
Tabla 2.3: Nivel de detectabilidad.....	42
Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente	58
Tabla 3.2: Operacionalización de la variable dependiente.....	59
Tabla 5.1: Resultados de la investigación.....	64
Tabla 5.2: Estadísticos de los principales indicadores obtenidos.....	64
Tabla 5.3: Muestra de los indicadores de desempeño.....	65
Tabla 5.4: Prueba de normalidad de los datos.....	65
Tabla 5.5: Disponibilidades de cada mes	67
Tabla 5.6: Prueba T Student a datos de disponibilidad.....	67
Tabla 5.7: MTTR de cada mes	68
Tabla 5.8: Prueba No paramétrica (Wilcoxon) a datos de MTTR	69
Tabla 5.9: MTBF de cada mes.	69
Tabla 5.10: Prueba T Student a datos de MTBF	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Participación en producción de países pesqueros a nivel mundial	11
Figura 1.2: Producción de productos hidrobiológicos a nivel mundial	12
Figura 1.3: Valores de la disponibilidad de equipos en la planta pesquera	14
Figura 2.1: Las 7 preguntas claves del RCM	28
Figura 2.2: Procedimiento para la implementación del RCM	30
Figura 2.3: Conformación de un verdadero equipo de trabajo	31
Figura 2.4: Matriz para encontrar el nivel de criticidad	33
Figura 2.5: Niveles de criticidad	33
Figura 2.6: Árbol de consecuencias de modos de falla	36
Figura 2.7: Árbol lógico de toma de decisiones	37
Figura 2.8: Evaluación del número de riesgo.....	39
Figura 2.9: Evaluación de prioridad de riesgo.	39
Figura 2.10: Desaguador rotativo	46
Figura 2.11: Desaguador vibratorio	47
Figura 2.12: Cocinador de pescado.....	47
Figura 2.13: Pre-Strainer	48
Figura 2.14: Prensa	48
Figura 2.15: Molino húmedo	49
Figura 2.16: Secador Rotadisk	49
Figura 2.17: Secador a Vapor.....	50
Figura 2.18: Secador de aire caliente.....	50
Figura 2.19: Exhaustor	51
Figura 2.20: Ciclón	51
Figura 2.21: Molienda Seca.....	52
Figura 2.22: Purificador	52
Figura 2.23: Ensaque	53

RESUMEN

Desde un inicio a la actualidad, el Perú es un país pesquero por excelencia, ubicándose entre los primeros productores de pescado, principalmente de la anchoveta, seguidamente del jurel y la caballa.

Para poder procesar un promedio de 1100 toneladas de anchoveta por día en una planta pesquera, se requiere de profesionales del mantenimiento con experiencia y capacitados, no solo en la parte técnica, sino también en la jefatura para que de esta manera se logre mejorar la disponibilidad.

El objetivo es implementar un modelo de gestión de mantenimiento que permita incrementar la disponibilidad de equipos en una planta pesquera usando el instrumento SAP PM para obtener el historial de fallas de los 21 equipos de la planta pesquera.

Obtener una disponibilidad del 100% es una tarea imposible puesto que mientras el activo se encuentre en funcionamiento, es necesario realizarle un mantenimiento, por ejemplo, la lubricación, limpieza, cambio de piezas desgastadas, etc. Esto nos direcciona a realizar trabajos evitando los reprocesos.

El presente estudio de investigación es de diseño pre experimental, el cual seguirá un orden o metodología descrita en el enfoque RCM(Mantenimiento Centrado en la confiabilidad) que identifica posibles modos de fallos y desarrolla un programa que permite prevenir los fallos, donde se demuestra que la disponibilidad mejoró de 79% a 90%, el tiempo medio para reparación(MTTR) mejoro en 0.03 horas, así como el tiempo medio entre fallas(MTBF) mejoró en 27.739 horas con la manipulación de la variable independiente que es la gestión de mantenimiento.

Palabras Clave: Gestión del mantenimiento, Disponibilidad de equipos, Confiabilidad, Mantenibilidad.

ABSTRACT

From the beginning to the present, Peru is a fishing country par excellence, ranking among the leading producers of fish, mainly anchovy, followed by horse mackerel and mackerel.

In order to process an average of 1,100 tons of anchovy per day in a fishing plant, experienced and trained maintenance professionals are required, not only in the technical part, but also in management so that availability can be improved.

The objective is to implement a maintenance management model that allows increasing the availability of equipment in a fishing plant using the SAP PM instrument to obtain the failure history of the 21 pieces of equipment in the fishing plant.

Obtaining 100% availability is an impossible task since while the asset is in operation, it is necessary to perform maintenance, for example, lubrication, cleaning, changing worn parts, etc. This directs us to carry out work avoiding reprocessing.

The present research study is of a pre-experimental design, which will follow an order or methodology described in the RCM (Reliability Centered Maintenance) approach that identifies possible failure modes and develops a program that allows failures to be prevented, where it is demonstrated that Availability improved from 79% to 90%, the mean time to repair (MTTR) improved by 0.03 hours, as well as the mean time between failures (MTBF) improved by 27,739 hours with the manipulation of the independent variable, which is maintenance management.

Keywords: Maintenance management, Equipment availability, Reliability, Maintainability.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación denominado, Modelo de gestión de mantenimiento para incrementar disponibilidad de equipos en una planta pesquera, tiene como importancia incrementar la disponibilidad de los equipos de la planta pesquera, aplicando la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), considerando el análisis de los tiempos entre fallas para determinar el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo promedio para reparación (MTTR) y la disponibilidad mecánica, bajo el modelo del RCM para encontrar oportunidades de mejora en la gestión de mantenimiento que involucra al plan de mantenimiento que se consideró durante la puesta en marcha de los equipos de la planta pesquera con lo cual se desarrollara un nuevo plan de mantenimiento preventivo denominado plan base de mantenimiento el cual está sujeto a futuras mejoras y también cambiando la gestión de mantenimiento, lo cual implicará reestructurar la metodología de trabajo de cada puesto.

Durante el desarrollo de la investigación se estableció como problema general ¿De qué manera el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera?, y la hipótesis general El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera, que en relación con las bases teóricas logran alcanzar los objetivos propuestos.

En el capítulo I, se detalla el planteamiento del problema, que describe la realidad problemática así también se formuló el problema general y específicos, se proyectaron los objetivos, la justificación y las delimitantes. Además, en el capítulo II, se muestra el marco teórico en el cual se consideró cinco antecedentes nacionales y cinco antecedentes internacionales, tal cual como las bases teóricas y el marco conceptual. También en el capítulo III, se definen las hipótesis y variables, del mismo modo que su operacionalización. Además, en el capítulo IV, se presenta la metodología que se empleó en la investigación.

Además, en el capítulo V, se discutieron los resultados descriptivos e inferenciales. En el capítulo VI, se realizó la discusión de los resultados, contrastándolos con otros estudios similares. En el capítulo VII se detallan las conclusiones. En el capítulo VIII, se presentan las recomendaciones dirigidas al

área de mantenimiento. En el capítulo IX, se citan las referencias bibliográficas que sirvieron al estudio de investigación; finalmente en el capítulo X, se muestran los anexos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la realidad mundial, en la industria, los procesos de producción y los activos están en constante evolución, por lo que mejorarlos y actualizarlos continuamente es esencial para su sostenibilidad.

En el siglo XXI, la competitividad y la capacidad innovadora son factores clave para que una empresa tenga éxito. Los constantes avances tecnológicos y la competitividad industrial crean la necesidad de que las empresas tengan la capacidad de adaptarse a los mercados cambiantes y en evolución. La competitividad se basa en una gestión integrada de la industria, con trabajo en equipo entre sectores, que convergen todos hacia el mismo propósito. Las industrias se centran principalmente en la producción y todo lo que la rodea (clientes, necesidades, recursos, contexto político y social) para optimizar la eficiencia operativa, la calidad y la productividad.

La necesidad de que la función de Mantenimiento se mantenga al día con los constantes cambios y complejidades del sistema industrial requiere que el Mantenimiento esté sólidamente estructurado y adecuadamente planificado. Así, surgen nuevas metodologías para la Gestión del Mantenimiento Industrial como una solución para mejorar su desempeño.

Las industrias desarrollan e implementan nuevas metodologías en función a la gestión del mantenimiento para tener un mayor control sobre los índices de cumplimiento de los planes, el asertividad del mantenimiento preventivo, el alineamiento de la gestión de la planificación del mantenimiento con la producción, la implementación de herramientas de medición del desempeño del mantenimiento (Martins y Pimentel, 2020).

En Latinoamérica se menciona que la historia del mantenimiento se puede dividir en cuatro generaciones:

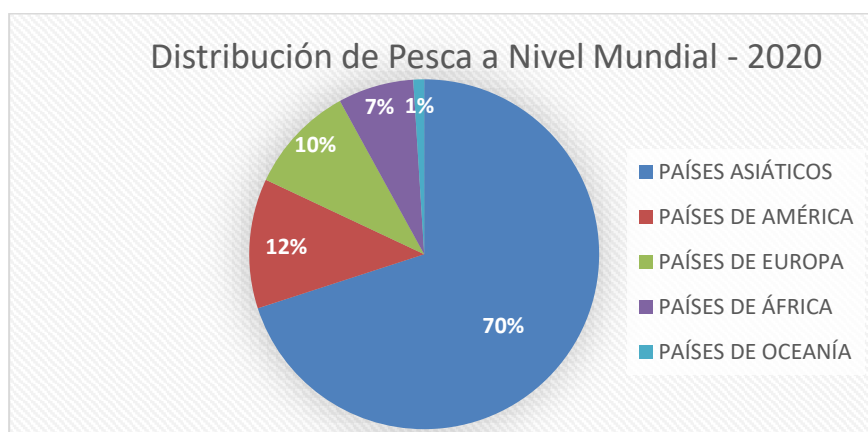
La primera caracterizada por acciones de mantenimiento puramente correctivo (repara cuando se daña) se mantuvo hasta 1950.

En el periodo de 1950 hasta 1980 se ubica la segunda generación, en esta época aparece el mantenimiento preventivo (reparaciones programadas).

La tercera generación abarcó 1980 al 2000, marcada por la aplicación de mantenimientos predictivos (monitoreo de condición).

A partir del siglo XXI, la cuarta generación hace que las empresas involucren el mantenimiento de una manera integral; productivo total, centrado en riesgos, centrado en confiabilidad, gestión enfocada a resultados y clientes, gestión del conocimiento y eficiencia energética. en la cuarta generación hace que las empresas involucren el mantenimiento de una manera integral; productivo total, centrado en riesgos, centrado en confiabilidad, gestión enfocada a resultados y clientes, gestión del conocimiento y eficiencia energética. La productividad posee una relación positiva y significativa en el departamento de mantenimiento industrial. Para que un departamento de mantenimiento tenga muy buenos resultados, debe tener en cuenta cómo es su planeación y programación, también qué debe tener un manual de mantenimiento establecido (Pérez, 2021). En el Perú, la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP) indica que la industria pesquera es uno de los sectores que genera mayores ingresos a la economía del país, esto se debe a las exportaciones de productos como la harina y aceite de pescado, conservas entre otros. En el periodo enero – junio de 2018 el sector tuvo un crecimiento del 82.85% aportando de manera significativa a Producto Bruto Interno (PBI), a tal punto que, al cierre de ese año, fue el sector que más aportó, sumado al inventario de harina del cierre del año anterior (SNP, 2020). En 2020, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), indicó que los países asiáticos eran los principales productores con el 70 % de la producción pesquera y acuícola total de animales acuáticos, seguidos por los países de las Américas (12 %), Europa (10 %), África (7 %) y Oceanía (1 %). Esta producción a nivel mundial se ve reflejada en la figura 1.1.

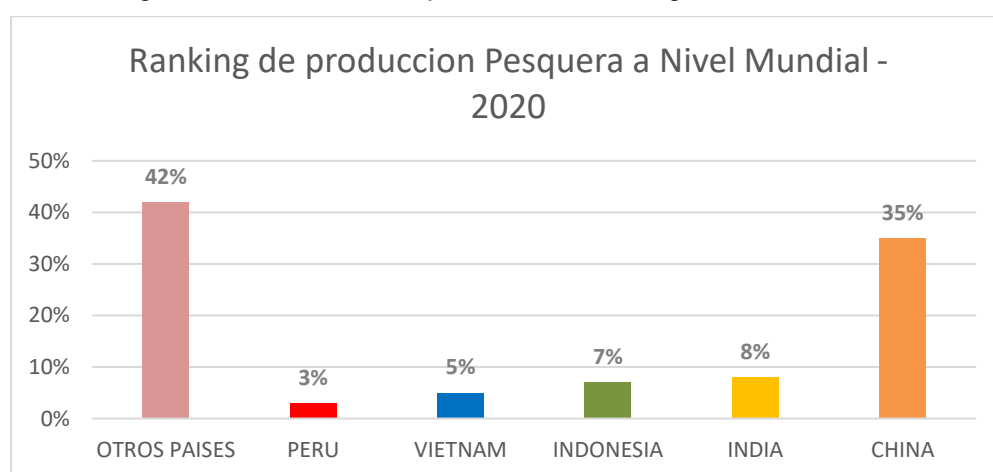
Figura 1.1: Participación en producción de países pesqueros a nivel mundial



Fuente: FAO-2020

En la actualidad el Perú es el principal productor de harina de pescado a nivel mundial, esta recuperación se dio gracias a las asignaciones de cuotas con previa investigación científica, lo que a la larga ayuda a garantizar la sostenibilidad de la anchoveta, ubicación geográfica favorable. La gran demanda de la harina de pescado a nivel mundial nos ha abierto nuevos mercados, por eso los compradores son más exigentes no solo con su calidad, sino también con el origen de la materia prima (anchoveta), la forma como se obtiene y su proceso productivo, por eso es importante la trazabilidad para demostrar una pesquería sostenible. El éxito de la pesca moderna se basa en el control sobre la reproducción de las especies, al mejor conocimiento de su biología, a las innovaciones tecnológicas y al desarrollo de alimentos específicos. En el 2020, China siguió siendo el principal productor, con un porcentaje del 35 % del total, seguida de la India (8 %), Indonesia (7 %), Viet Nam (5 %) y el Perú (3 %). Corresponde a estos cinco países aproximadamente el 58 % de la producción pesquera y acuícola de animales acuáticos a nivel mundial en 2020.

Figura 1.2: Producción de productos hidrobiológicos a nivel mundial



Fuente: FAO-2020

La pesca como actividad extractiva tiene una gran importancia económica, constituye el 3% de producción pesquera a nivel mundial. El éxito de la pesca moderna se basa en el control sobre la reproducción de las especies, al mejor conocimiento de su biología, a las innovaciones tecnológicas y al desarrollo de alimentos específicos (FAO, 2020).

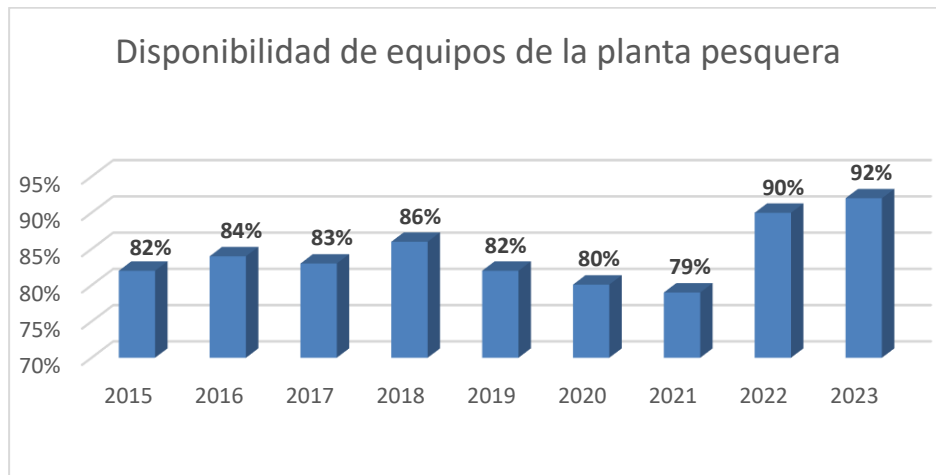
La gestión eficiente del mantenimiento de equipos industriales es una piedra angular para las empresas en Perú que buscan no solo sobrevivir en un entorno empresarial competitivo, sino prosperar. Las empresas peruanas se enfrentan a

desafíos económicos y operativos constantes. El costo de reemplazar un equipo industrial costoso puede ser astronómico. Es por eso que el mantenimiento preventivo se ha convertido en una estrategia esencial. La inversión en mantenimiento preventivo puede parecer un costo inicial, pero a la larga, puede ahorrar a las empresas peruanas tiempo y dinero, al tiempo que garantiza la continuidad ininterrumpida de sus operaciones (FLUISA, 2022).

El diario Gestión [6] expone un estudio donde afirma que más del 86 % de compañías peruanas han optado por tercerizar el servicio de mantenimiento en sus industrias con un enfoque principal de aliviar responsabilidades en periodos de incertidumbre, buscar una mejora en la economía de la compañía reduciendo costos operacionales, contar con rapidez y alternativas ante situaciones complicadas garantizando la atención a un volumen de trabajo grande.

En la provincia de Ilo, distrito de Pacocha, tiene como sede una empresa pesquera la cual tiene como principal actividad la elaboración de harina y aceite de pescado, con una antigüedad de 26 años y cuenta con 120 trabajadores por los 2 turnos de trabajo. En el año 2020 hasta el 2021 se reportó 1941.94 horas de paralizaciones no previstas. Esto reflejó la inadecuada política de mantenimiento, como la de sobreponer la producción sobre el mantenimiento de los equipos provocando una baja disponibilidad de horas máquinas y baja fiabilidad. La tasa de producción real, es de 50-70 TM/hora de harina de pescado, siendo la estimada 88.725 TM/hora. Se estima procesar 252,000 TM de harina de pescado, siendo el procesamiento real de 132,300.20 TM de pescado al año. Esto debido a que el sistema actual de mantenimiento no tiene orientación técnica actualizada, lo cual no permite aplicar la priorización del mantenimiento planificado a los equipos considerados como críticos, a lo mencionado se le suma la falta de compromiso y capacitación del personal de mantenimiento, en consecuencia, se hace necesario revertir tal situación para generar eficiencia y eficacia de la gestión del mantenimiento. En el año 2021 cuando la planta pesquera alcanzó la producción más alta en los últimos 10 años se presentaron fallas que fueron corregidas cambiando los componentes dañados para luego continuar con la operación. No se realizó ningún análisis de causa raíz y tampoco se revisó el plan de mantenimiento. El método de trabajo se ve reflejado en las disponibilidades mostradas en la figura 1.3.

Figura 1.3 Valores de la disponibilidad de equipos en la planta pesquera



Es necesario incrementar el valor de la disponibilidad pues ello representa más tiempo de producción y por tanto mayor tonelaje de harina y aceite de pescado procesado. Por medio de la confiabilidad, se obtiene el valor actual de disponibilidad en un periodo de 12 meses registrando las fallas relevantes o que influyeron negativamente. Mediante la herramienta de Análisis Causa Raíz (ACR), se revisa el origen de cada una de las fallas de los equipos que afectan directamente al proceso de producción, con lo cual tomar decisiones de las acciones a realizarse, posteriormente se incluirá en el plan de mantenimiento preventivo actual y que tendrán como objetivo la no reincidencia de las fallas analizadas. Algunas de las actividades tendrá el propósito de aumentar la mantenibilidad de los equipos de la planta pesquera, y otras lograrán que la confiabilidad mejore. Después de que el nuevo plan de mantenimiento se ejecute por 12 meses, se obtendrá nuevamente los valores de la disponibilidad de los equipos de la planta pesquera.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿De qué manera el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera?
- b. ¿De qué manera el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar como el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar como el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera.
- b. Determinar como el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera.

1.4. Justificación

La investigación va a aportar en el conocimiento sobre el comportamiento de los equipos empleados en la planta pesquera. Exponer la gestión de mantenimiento como oportunidad de optimizar el desempeño de los equipos para mejorar su disponibilidad, así como mostrar la aplicación de la herramienta de Análisis Causa Raíz.

1.4.1. Justificación teórica

El sector pesquero es uno de los más importantes para la economía y la seguridad alimentaria del país. Sin embargo, este sector enfrenta diversos problemas que afectan su competitividad y rentabilidad, como la variabilidad de

la materia prima, la obsolescencia y el mal funcionamiento de los equipos, la falta de una gestión adecuada del mantenimiento, entre otros. Estos problemas requieren de soluciones integrales, que involucren a todo el personal de la cadena de valor, y que se basen en el análisis de datos, la mejora continua y la innovación. El mantenimiento de los equipos es una actividad clave para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de estos, y así mejorar la eficiencia, la productividad, la calidad de los procesos y productos. Sin embargo, no existe un modelo de gestión de mantenimiento específico para el sector pesquero, que considere sus características y particularidades. Por ello, se plantea la necesidad de diseñar e implementar un modelo de gestión de mantenimiento que incremente la disponibilidad de equipos en una planta pesquera, y que contribuya al desarrollo teórico y práctico del campo de la ingeniería pesquera.

1.4.2. Justificación normativa

Actualmente aún existe una brecha entre el entendimiento de la norma y su aplicación propiamente. La investigación expone la norma SAE JA1011 [18] y a la vez realiza la aplicación de este usando datos reales de una problemática en el sector pesquero.

1.4.3. Justificación práctica

El proyecto tiene una relevancia práctica, ya que busca resolver un problema real y actual del sector pesquero, que afecta su competitividad y rentabilidad. Al diseñar e implementar un modelo de gestión de mantenimiento que incremente la disponibilidad de equipos en una planta pesquera, se espera obtener los siguientes beneficios:

- Reducir los costos operativos y de reparación de los equipos e instalaciones.
- Aumentar la eficiencia, la productividad y la calidad de los procesos y productos.
- Mejorar la seguridad y la salud ocupacional de los trabajadores.
- Cumplir con las normas, regulaciones ambientales y sanitarias.
- Incrementar la satisfacción y la fidelización de los clientes.
- Fortalecer la imagen y la reputación de la planta pesquera.

1.4.4. Justificación social

El proyecto tiene una relevancia social, ya que contribuye al desarrollo sostenible del sector pesquero, que genera empleo, ingresos y alimentos para la población.

1.4.5. Justificación metodológica

El proyecto se desarrollará mediante una investigación aplicada, que se encamina a la solución de problemas prácticos en la gestión de mantenimiento de una planta pesquera, utilizando la tecnología educativa como herramienta de apoyo. El proyecto tendrá un enfoque mixto, que combinará los métodos cuantitativo y cualitativo, para obtener una visión integral, profunda del problema y sus posibles soluciones, para lo cual se dividirá en las siguientes fases:

- Identificación de los factores que influyen en la selección y programación del mantenimiento de los equipos en la planta pesquera.
- Establecimiento de los indicadores para medir la disponibilidad de los equipos y el desempeño del mantenimiento en la planta pesquera.
- Propuesta de las estrategias para mejorar el modelo de gestión de mantenimiento y la disponibilidad de los equipos en la planta pesquera.
- Implementación y validación del modelo de gestión de mantenimiento propuesto en la planta pesquera.
- Asimismo, el proyecto tiene una relevancia académica, ya que aporta al avance del conocimiento científico y tecnológico en el campo de la ingeniería pesquera, y ofrece una base para futuras investigaciones.

El mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) ilustrado por John Moubray en su libro de texto RCM2: Reliability Centered Maintenance, muestra la aplicación de la herramienta en la industria. Esta herramienta nació enfocada para la aeronáutica.

Los modelos de la confiabilidad tales como el Análisis Causa Raíz y la distribución de Weibull, así como el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en específico consideran pasos claros que se aplican a una problemática con el fin de minimizarlos o desaparecer. Estas herramientas fueron creadas y aplicadas inicialmente en la aeronáutica para salvaguardar la vida de los pasajeros, así como en el área militar resaltando notablemente la mejora frente a una gestión inicial.

1.4.6. Justificación ambiental

Al optimizar el modelo de gestión de mantenimiento con la investigación, se optimizó el uso de repuestos y materiales usados para hacer frente a una falla, con lo cual se reduce la cantidad de los residuos sólidos por lo cual se reduce el impacto al medio ambiente.

1.4.7. Justificación espacial

La investigación se desarrolla en un centro minero ubicado en el sur del Perú y en específico en la planta concentradora de la misma por que la máquina analizada es fija en su instalación y dentro del proceso también.

1.5. Delimitantes de la investigación.

1.5.1. Delimitación teórica

La información teórica de confiabilidad está disponible tanto en la red como en numerosos libros de texto, pero su aplicación en plantas pesqueras y elaboración de harina y aceite de pescado, es limitada.

1.5.2. Delimitación temporal

En el presente estudio se aplicaría las estrategias mencionadas para lo cual se ha verificado el historial de fallas de los años 2021 y 2022 de proceso en la planta pesquera. Se tomaron estos 2 años por ser los tiempos con mayor producción en los últimos 10 años de la planta pesquera.

1.5.3. Delimitación espacial

En la presente investigación se abarcaron los equipos una planta pesquera ubicada en Ilo, Moquegua – Perú, enfocándose en los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos, es por ello los resultados que se obtengan al finalizar el estudio son aplicados a todos los equipos sin excepción. El estudio se limita a todos los equipos de la planta pesquera y que en caso sea necesario se pueda extender a otras plantas procesadores de harina y aceite de pesca solo en la zona Sur del Perú, ya que se encuentran en la misma realidad problemática.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La gestión de mantenimiento en la historia fue y es objeto de estudio, investigación y aplicación logrando una evolución importante no solo a nivel internacional sino nacional.

Con lo respecto a la materia de investigación, se hizo una revisión de distintos documentos científicos de grado de maestría y doctorado. Dichos documentos aportan a la técnica y a la teoría de como de implementó, de la misma manera como la metodología que se empleó para el estudio. Los cuales paso a detallar a modo de resumen y aportes importantes.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Da Silva (2020) [7] en su investigación titulada " La importancia e implementación de índices e indicadores de equipos eléctricos en gestión de mantenimiento ", sustentado en la facultad de ingeniería eléctrica del instituto federal de educación, ciencia y tecnología de Goiás, Brasil para optar el grado de Ingeniero Electricista, se planteó como objetivo implementar y analizar índices e indicadores de mantenimiento enfocados a equipos eléctricos. Además, el tipo de investigación que utilizó fue el método cuantitativo. El autor llegó a la siguiente conclusión que el valor de disponibilidad se puede aumentar reduciendo el retrabajo y reduciendo el mantenimiento correctivo no planificado.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable gestión de mantenimiento, y muestra el desempeño de los procesos de mantenimiento mediante el uso de indicadores adecuados, aunque con diferentes enfoques y contextos.

Molina (2020) [8] en su investigación titulada "Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable en Tixán Etapa EP "Modulo II" realizado en la Universidad del Azuay en Ecuador para optar el grado de magister en Gestión de Mantenimiento. Se planteó como objetivo mostrar una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento que involucra el mantenimiento productivo total (TPM) usando la metodología del mantenimiento

centrado en confiabilidad (RCM) como herramienta de enfoque. Además, el tipo de investigación que utilizó fue el método cuantitativo. El autor llegó a la siguiente conclusión mostrando que, al realizar la auditoría del mantenimiento en la planta de Tixan, permitió conocer su situación actual, sus objetivos, políticas y responsables ejecutores del mantenimiento; además de conocer sus deficiencias, siendo el punto de partida para el desarrollo del modelo de gestión del mantenimiento.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable gestión de mantenimiento, y define las políticas, objetivos, indicadores, controles, documentación y plan de mantenimiento para que con su aplicación se obtenga la reducción los costos de mantenimiento proyectadas.

Gasca, Camargo, Medina (2020) [9] en su investigación titulada "Gestión del mantenimiento para la confiabilidad operacional" realizó la propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento con el cual pretende la mejora de la confiabilidad operacional en pequeñas y medianas empresas manufactureras. Además, el tipo de investigación utilizado para elaborar el modelo realiza el estudio de la población objetivo a partir de medir y describir las variables de investigación "Gestión del mantenimiento" y "Confiabilidad operacional", posterior a la caracterización se plantea la directriz para gestionar gráficamente el modelo de gestión propuesto. El autor llegó a la siguiente conclusión mostrando que, es posible el desarrollo e implementación en las PYMES del sector industrial manufacturero, el modelo de gestión de mantenimiento lógico y flexible, que combina prácticas y herramientas de RCM y TPM; para mejorar la confiabilidad operacional.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable mejoramiento de la confiabilidad operacional, y muestra una secuencia de cómo trabajar el plan de mantenimiento preventivo, variables que se trabajaron en la presente investigación.

Lescano (2018) [10] en su investigación titulada "Metodología de mejora de la gestión de mantenimientos para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wartsila Ingd16v32 ubicados en la central de generación Secoya"

realizado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Ecuador para optar el grado de Magister en Gestión del Mantenimiento Industrial. Asimismo, se planteó objetivo general, el sistema del mantenimiento productivo total (TPM), el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y el GEMO (Gestión Estratégica del Mantenimiento Optimo) como herramientas para mejorar la disponibilidad, la confiabilidad y la eficiencia. Además, el tipo de investigación utilizado fue pre experimental con el método cuantitativo. El autor llegó a la siguiente conclusión mostrando que, las teorías del TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) son las que más contribuyeron para el desarrollo de la metodología para la mejora en la gestión de mantenimiento y, con ello incrementar la disponibilidad ya que incluyen técnicas de fácil implementación y lo que es más importante de bajo costo mantenimiento.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza las variables gestión de mantenimiento y disponibilidad, y aporte en la teoría general del sistema, el mantenimiento productivo total (TPM), el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y el GEMO (Gestión Estratégica del Mantenimiento Optimo) como herramientas para mejorar la disponibilidad, la confiabilidad y la eficiencia.

Riego (2018) [11] en su investigación titulada “Desarrollo y aplicación de un modelo predictivo, para gestión de mantenimiento en subestaciones de distribución de energía eléctrica en redes de media tensión” realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México para optar el grado de magister en Ingeniería. Tuvo como objetivo proponer la utilización de las redes neuronales artificiales para la implementación de un algoritmo para el monitoreo de la condición en transformadores. Además, el tipo de investigación utilizado es de un enfoque de monitoreo de condición basado en una red neuronal artificial (RNA) utilizando los datos almacenados en el sistema de control, supervisión y adquisición de datos (SCADA). El autor llegó a la siguiente conclusión mostrando que el modelo predictivo propuesto es capaz de detectar fallas incipientes en los transformadores de potencia, lo que permite planificar las acciones de mantenimiento necesarias para evitar fallas catastróficas y mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. El modelo se basa en el uso de

redes neuronales artificiales y la distancia de Mahalanobis como herramientas de análisis de datos.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable gestión de mantenimiento, y muestra una secuencia de cómo optimizar el proceso de mantenimiento mediante el uso de modelos predictivos que permitan detectar y prevenir fallas en los equipos, y establecer las acciones preventivas y correctivas necesarias para garantizar su funcionamiento óptimo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Oyola y Castillo (2023) [12] en su tesis titulada “Gestión del plan de mantenimiento preventivo basado en la administración del backlog y su influencia en la disponibilidad de los equipos eléctricos en la empresa minera Nexa s.a. unidad Pasco – 2022” realizado en la Universidad Nacional del Callao para optar el grado de magister en gerencia de mantenimiento. Tuvo como objetivo demostrar que el plan de mantenimiento preventivo propuesto, enfocado en la administración del backlog influye significativamente en la disponibilidad de los equipos eléctricos en la empresa minería NEXA S.A. Además, la investigación fue de tipo cuantitativo, con un diseño no experimental; la técnica fue el fichaje y los instrumentos. El autor llegó a la conclusión que la gestión del plan de mantenimiento preventivo enfocada en la administración del backlog influyó significativamente en la disponibilidad de los equipos eléctricos, ellos se reflejaron descriptivamente en que la media de la tasa de disponibilidad en escenario estudiado, considerando la aplicación simulada del programa de mantenimiento fue del 97.96%, lo que es superior al 95.46% como diagnóstico en las condiciones anteriores.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable disponibilidad, y muestra una secuencia de cómo reducir el tiempo de inactividad de los equipos eléctricos, mejorar la calidad del servicio y disminuir los costos de operación y mantenimiento.

Valdivieso y Fernández (2023) [13] en su tesis titulada “Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del equipo separadora ambiental en una empresa pesquera” realizado en la Universidad Cesar Vallejo

de Chimbote para optar el grado de Ingeniero Industrial. Tuvo como objetivo aplicar la gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del equipo separadora ambiental. Además, la investigación fue de tipo cuantitativo, con un diseño pre experimental; por su alcance longitudinal, porque se recogió los datos en desigual de oportunidades para la relación a variación y su efecto. El autor llegó a la conclusión que ejecutando un plan de mejora utilizando la metodología 5S que apoyó el mantenimiento preventivo del equipo y la creación de MRP aumentando la disponibilidad de los equipos, logrando mejores resultados en comparación con la disponibilidad inicial que fue del 85,80% y aumentando al 95,04%.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza las variables gestión de mantenimiento y disponibilidad, y reconoce que la gestión del mantenimiento preventivo es una herramienta muy importante para mejorar la disponibilidad de los equipos, de igual manera con la metodología 5S y la creación del MRP con la cual nos ayuda a mejorar la eficiencia de los equipos.

De la Cruz y Arata (2022) [14] en su tesis titulada “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado - Callao - 2021” realizado en la Universidad Nacional del Callao para optar el grado de Ingeniero Mecánico. Tuvo como objetivo aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado. Además, el método de investigación usado fue el hipotético – deductivo ya que la investigación se realizó mediante la observación, verificación y la reflexión racional de los resultados obtenidos antes y después de la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad. El autor llegó a la conclusión que, con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, la disponibilidad se incrementó a 96.6% en los equipos críticos en una planta de harina y aceite de pescado, también se logró incrementar el MTBF a 497.5 horas y disminuir el MTTR a 2 horas conllevando a una producción de mejor calidad y eficiencia.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable disponibilidad, y reconoce que el mantenimiento centrado en la confiabilidad es una metodología

muy importante que nos ayuda a identificar las fallas para poder incrementar confiabilidad y mejorar la mantenibilidad de los equipos en producción.

Gonzales y Vásquez (2020) [15] en su tesis titulada “Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el área mecánica de la empresa guvi servis e.i.r.l., 2020” realizado en la Universidad Señor de Sipán para optar el grado de Ingeniero Industrial. Tuvo como objetivo Diseñar un plan de gestión de mantenimiento del área mecánica de la empresa GUVI SERVIS EIRL. para elevar su nivel de productividad. Además, la investigación fue de carácter descriptivo y cuantitativo, y se inició con un diagnóstico de los equipos, tales como: tornos convencionales, fresadoras, mandrinadora, taladro de banco, cepillo del taller de máquinas y herramientas. El autor llegó a la siguiente conclusión mostrando que, el plan de mantenimiento preventivo es un conglomerado de tareas, que incluye actividades, procedimientos, recursos y el tiempo requerido para realizar estas tareas.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable de disponibilidad, e identifica los indicadores de mantenimiento, para luego compararlos y al final proporcionar a la empresa una herramienta que permita el seguimiento del rendimiento operacional de las máquinas teniendo como resultado final el aumento de la disponibilidad.

Aldana (2019) [16] en su tesis titulada “Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A”, tuvo como objetivo general determinar como la gestión de mantenimiento preventivo llega a mejorar la disponibilidad de los equipos mineros. utilizado el tipo de investigación, método cuantitativo. El autor llegó a la siguiente conclusión mostrando que cuando se implementa la gestión del mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de equipos mineros, como se puede observar la disponibilidad de los equipos pasa de 87.51 % a 91.57 % el cual representa un incremento de 4.06 %, también se puede indicar que antes se tenía 23.88 fallas el cual se reduce a 19.25 fallas que representa una mejora en un 19.63 %.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable disponibilidad

de equipos, y muestra una secuencia de cómo trabajar el plan de mantenimiento preventivo, variables que se trabajaron en la presente investigación.

Rashuamán (2019) [17] en su investigación titulada “Modelo de gestión de mantenimiento para el incremento de disponibilidad de las máquinas en una planta de fabricación de bombas centrífugas”. Asimismo, esta investigación tuvo como objetivo general, Proponer el modelo de gestión del mantenimiento el cual permite incrementar la disponibilidad de máquinas en la planta que producen bombas centrífugas. Además, el tipo de investigación aplicada y diseño no experimental, longitudinal de tendencia, el cual se plantea como; planeamiento y definición del tema, organización en la empresa, recolección de datos mensuales, análisis y evaluación de datos e información de los resultados, teniendo un alcance de investigación descriptivo. El autor llegó a la siguiente conclusión mostrando que la gestión tiene una influencia positiva quedando demostrado que para la implementación de las herramientas del RCM es necesario comenzar realizando una categorización en donde se identifique a los equipos más críticos de la planta.

La presente investigación tiene relevancia porque utiliza la variable disponibilidad de equipos, y muestra una secuencia de cómo trabajar el mantenimiento preventivo, variables utilizadas en la presente investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mantenimiento Correctivo

Al mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo, que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible (Pérez, 2021).

2.2.2. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (Pérez, 2021).

2.2.3. Mantenimiento Predictivo

Existen varias definiciones del mantenimiento predictivo; una de ellas se puede interpretar como un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo - máquina o una instalación. A tal producto, se precisa y se gestionan valores de pre-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. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga. (Pérez, 2021).

2.2.4. Ingeniería de confiabilidad

La Ingeniería de Confiabilidad permite un cálculo robusto e intrínseco de la probabilidad de no funcionamiento de un sistema productivo, por acciones operacionales o mantenimiento, para identificar oportunidades, sobre una base cuantitativa y cualitativa, con el fin de tener una mejor gestión de activos durante la operación de una instalación. Este análisis conduce a optimizar los procesos actuales de producción y mantenimiento evaluando su confiabilidad

para con ello determinar realmente el beneficio económico de un cambio en la manera de gestionar. A nivel industrial existen muchos casos donde no se ejecutan cambios en sus sistemas o formas de gestionar debido a la incapacidad para cuantificar los beneficios que dichos cambios acarrearían para el negocio después de su implementación. Se puede decir que esta cultura o forma de gestionar esta casi generalizada mundialmente en las industrias debido a la insensibilidad de los gerentes, así como de los operadores que no ven en la gestión de activos, una oportunidad de negocio. Gestión de activos es la manera evolucionada que busca la ejecución eficiente del proceso contribuyendo a que el objetivo del negocio se logre, superando con ello las acciones limitadas a niveles operativos con miras a corto plazo asumiendo ahora un rol estratégico y táctico con una visión a mediano y largo plazo (Arata, 2021).

2.2.5. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, es uno de los procesos que ayuda a determinar la actividad de mantenimiento más efectiva. Logra identificar las probabilidades de falla, seguido a ello mejora la reducción en los efectos del costo. El RCM busca la perfecta mezcla de acciones que se basa en la condición, acciones en el tiempo o ciclo.

El RCM es un método que se apoya en la información de la rentabilidad de la operación de los sistemas, lo cual lo utiliza para buscar estrategias y mejoras en el diseño y trabajos progresivos de mantenimiento.

Estas nuevas estrategias de mantenimiento, no solo se aplican de una forma independiente, sino que son agrupadas para optimizar la operación de los equipos, reduciendo los costes del ciclo de vida.

Definimos al RCM como: la filosofía de la gestión del mantenimiento, en el cual un equipo jerárquico de trabajo, es el encargado de acrecentar la confiabilidad de operación de un activo que opera bajo ciertas condiciones de trabajo definido, desarrollando actividades positivas de mantenimiento en relación del estado u condición (criticidad) de los equipos, evaluando los efectos que originan los modos de falla que afectan a las operaciones, seguridad y medio ambiente (Moubray, 1997).

Primera etapa: Analizando el RCM

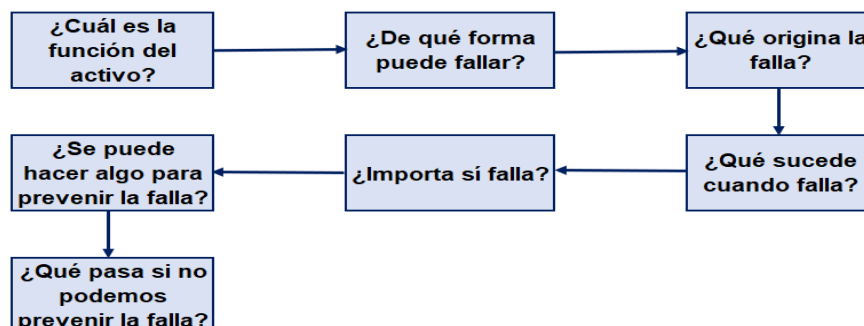
Para iniciar a aplicar el proceso de RCM, primero, se deben responder las siguientes siete interrogantes:

- ¿Cuál es la función del activo?
- ¿De qué forma puede fallar?
- ¿Qué origina la falla?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Importa sí falla?
- ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
- ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

A partir del análisis de las respuestas de estas preguntas, se podrá detallar los menesteres reales del mantenimiento de la maquinaria en su relación operacional.

Antes de comenzar a utilizar RCM, es necesario recalcar lo beneficiosa que es esta herramienta, siempre y cuando se haya decidido bien y haya sido correctamente enfocada, ya que de una vez iniciada y sin un proceso claro, se podría tornar pesada e inútil. Para complementar la idea anterior, se debe recordar que la principal meta de toda empresa es generar más ganancias y reducir pérdidas, por lo que tal vez, no en toda la maquinaria o activos convenga aplicar RCM, ya que puede ser más rentable dejar que falle antes que usar esta herramienta. Así mismo, antes de comenzar con el proceso de RCM, la empresa deberá identificar cuáles son sus activos críticos, ya que, de realizarse un estudio tan complejo y detallista en un equipo no tan relevante, la mejora o cambio no sea tan notoria para todo el tiempo y dedicación invertida. Lo ideal es que, desde el inicio de la aplicación del proceso, se elija uno de los activos clave de la compañía (Moubray, 1997).

Figura 2.1: Las 7 preguntas claves del RCM



Fuente: Libro RCM, Moubray-1997

Segunda etapa: Principios del RCM

Su orientación del RCM es en base a la función; por lo tanto, no solo busca preservar las operaciones, si no que preserva la función de los equipos.

El enfoque del RCM agrupa a todos los sistemas; por lo que se interesa por el buen funcionamiento de los sistemas en general y no de una parte de los componentes.

La confiabilidad es el resultado del RCM; utiliza datos estadísticos de falla, edad de operación de los sistemas y las fallas.

El RCM no solo se enfoca a una falla común; si no que busca saber la probabilidad de nuevas fallas de acuerdo a la edad del sistema.

El RCM está encaminado por la administración de la economía y seguridad; por lo tanto, la seguridad es una prioridad que debe de ser cubierta a cualquier costo.

El RCM puntualiza a la falla como una condición insatisfecha; por lo que se deduce que la falla se considera como una parada para la operación, donde se generan grandes pérdidas.

El RCM utiliza para la toma de decisiones del mantenimiento un árbol lógico; el cual provee una relevancia firme a la conservación de todos los equipos.

Todas las tareas del RCM son aplicables, estas faenas están orientadas al modo de fallo, las cuales deben de ser efectivas para reducir la probabilidad que se presente una falla.

El RCM se considera como un sistema vivo; el cual obtiene información de los resultados y busca mejoras para futuras faenas del mantenimiento (Moubray, 1997).

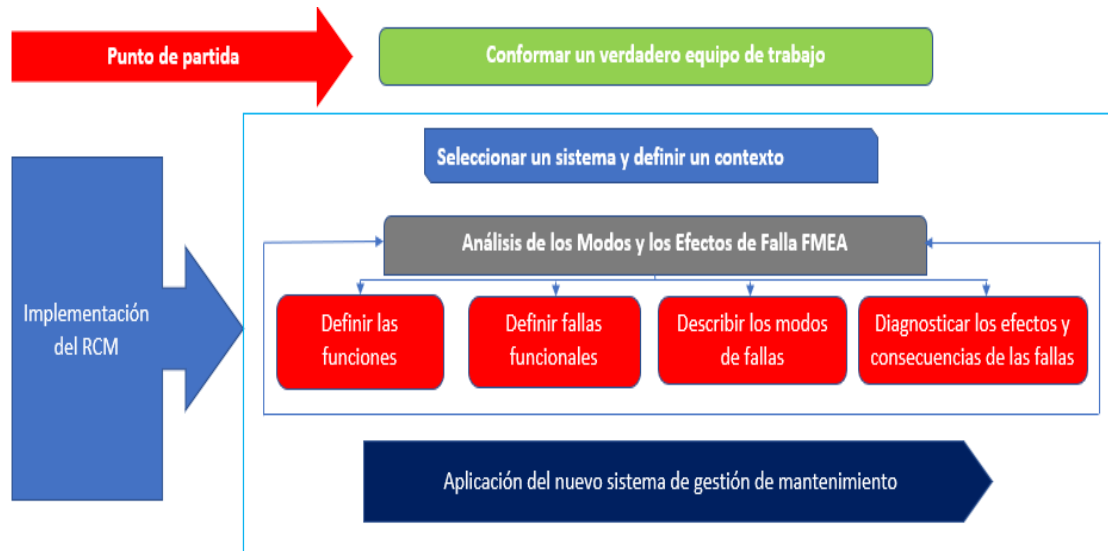
Tercera etapa: Proceso de implementación del RCM

El proceso de implantación depende únicamente del equipo de trabajo, quienes serán los encargados de responder las preguntas del RCM, de forma clara y concisa, considerando los siguientes pasos:

- ✓ Conformar un verdadero equipo de trabajo.
- ✓ Seleccionar un sistema y definir un contexto operacional.
- ✓ Análisis de los Modos y los efectos de Falla FMEA:
 - Definir las funciones.

- Definir fallas funcionales.
 - Describir los modos de fallas.
 - Diagnosticar los efectos y consecuencias de las fallas.
- ✓ Aplicación del nuevo sistema de gestión de mantenimiento (Moubray, 1997).

Figura 2.2: Procedimiento para la implementación del RCM



Fuente: Libro RCM, Moubray-1997

Cuarta etapa: Conformación del equipo de trabajo

El equipo natural de trabajo para implementar el RCM en una empresa debe estar enfocado en que el objetivo es el de determinar las estrategias y tareas de mantenimiento que un activo físico específico o una parte concreta de un proceso requiera. Por otro lado, con respecto a la seguridad y protección del medio ambiente, el equipo de trabajo del proyecto define y clasifica los objetivos y el alcance del análisis, requerimientos y criterio de aceptación.

La interacción y participación de los miembros del equipo de trabajo en las discusiones debe ser fluida, en un ambiente relajado donde si hubiera desacuerdos éstos sean resueltos luego de un amplio debate alterado, desterrando las jerarquías y fomentando la participación plena.

Cada miembro debe contribuir para mejorar el desempeño del equipo de trabajo con sus actitudes, capacidad de organización, conocimiento y patrones culturales; de esta forma los resultados serán efectivos ya que hay aceptación y

compromiso con el objetivo. Ninguna decisión debe ser tomada mientras no haya sido aceptada por todo el grupo de implementación del RCM (Moubray, 1997).

Figura 2.3: Conformación de un verdadero equipo de trabajo



Fuente: Libro RCM, Moubray-1997

Quinta etapa: Selección del sistema y contexto operacional

Para la implantación, es de vital importancia realizar una selección de los sistemas, porque a todos no se le da la misma importancia de estudio. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Sistemas con un elevado índice de actividades de mantenimiento correctivo, de acuerdo al historial desde hace dos años.
- Sistemas o componentes que tienen un alto índice de tareas de mantenimiento preventivo.
- Sistemas con un elevado índice de riesgos que pueden afectar en la seguridad y medio ambiente.
- Sistemas con una elevada aportación a paradas de los activos, en el periodo de los dos últimos años.
- Activos con un elevado costo de mantenimiento.
- Sistemas donde predomina una desconfianza al realizar el mantenimiento.

Después de haber seleccionado el sistema y se tiene el concepto de forma general, es necesario que el equipo de trabajo RCM, pueda responder las siguientes dos preguntas.

- ¿Debería de analizarse todo el sistema, es necesario analizar todo, que se debería de hacer para seleccionar un determinado sistema y cuál es la prioridad

de analizar las partes del sistema elegido?

- ¿Qué nivel de detalles se necesita para realizar el análisis de los modos y efectos de fallas en el sistema seleccionado?

Para dar respuesta a estas preguntas se tienen que tener en cuenta lo siguiente.

➤ Jerarquización de sistemas

Mediante el método de evaluación de criticidad para los equipos, se dice que es una metodología que se basa en el riesgo, lo que nos permite establecer una determinada jerarquía para los diferentes instalaciones, sistemas y equipos, en funcionamiento, con la finalidad de asignar y optimizar los recursos (humano, técnicos y económicos), y además nos permite dividirlo para que se puedan manejar con total control y que sean auditables para la toma de decisiones. Se dice que la frecuencia está asociada al número de eventos o averías que presenta un sistema, y la consecuencia está relacionada con los impactos operacionales, costos e impacto en la seguridad y medio ambiente. Para ello se debe considerar los siguientes criterios:

- Impacto ante la seguridad e impacto ambiental.
- Impacto Operacional.
- Costos de operación y mantenimiento.
- Flexibilidad Operacional.
- Frecuencia de ocurrencia de falla.

La identificación de prioridades en los equipos y sistemas, administrar los recursos, crear valores para la toma de decisiones y determinar el impacto, es el siguiente paso a seguir. Para ello se creará una tabla de criterios, lo cual solo se considera las urgentes necesidades del equipo estudiado, esta tabla también se puede adaptar a demás sistemas dentro de la organización. Después de crear la tabla de criticidad, los factores son evaluados en reuniones con las personas involucradas en el área (seguridad y medio ambiente, operaciones y mantenimiento). Con la evaluación de todos los factores, se logra obtener el valor de la criticidad del equipo, y para obtener la criticidad para cada sistema se toman los valores individuales y se colocan dentro de la matriz de criticidad Figura 2.4, la cual nos permite jerarquizar los sistemas en tres términos.

- Bajo crítico
- Medio crítico

- Medio alto crítico
- Alto crítico

Figura 2.4: Matriz para encontrar el nivel de criticidad

TABLA DE CRITICIDAD						
FRECUENCIA	4	D	B	A	A	A
	3	D	B	A	A	A
	2	D	D	B	A	A
	1	D	D	D	C	C
	0	4	8	12	16	
CONSECUENCIA						

Fuente: Libro RCM, Moubray-1997

Figura 2.5: Niveles de criticidad

NIVELES DE CRITICIDAD		
NIVEL		RANGO
D	BAJO	≤ 8
C	MEDIO	> 8
B	MEDIO ALTO	≥ 16
A	ALTO	≥ 24

Fuente: Libro RCM, Moubray-1997

➤ Jerarquización de sistemas

El contexto operacional es el conjunto de determinaciones que resumen a un sistema a estudiar, mencionando los procesos de operación, funcionamiento de equipos, personal de operaciones y mantenimiento y la división de los procesos.

Para el contexto operacional se necesita:

- Un perfil de operación.
- Un ambiente de operación.
- Implantación de políticas de administración de repuestos.
- Disposición de insumos requeridos.
- Manuales de datos técnicos, operación y mantenimiento de los activos.

Sexta etapa: Análisis de modos y efectos de falla FMEA

Para la implantación de la metodología RCM, el análisis de modos y efectos de falla FMEA, es su principal herramienta para lograr los objetivos y optimizar la gestión de mantenimiento. El FMEA es una herramienta de gestión que nos permite identificar los posibles problemas que puedan presentarse y de tal manera afecten a la operación. Siempre hay que tener en cuenta que el FMEA conforma la parte más importante en la implantación del RCM hacia un determinado sistema, ya que esta herramienta es la que obtiene la información necesaria para la prevención de las consecuencias y efectos de las fallas, partiendo de una adecuada selección de tareas de mantenimiento, las cuales se ejecutarán sobre los modos de falla y sus consecuencias o efectos.

➤ Fallas funcionales

Una falla funcional es la ocurrencia que no se puede percibir, es aquella anomalía que no permite al activo a cumplir con el estándar de operación esperado en un determinado contexto operacional, es cuya consecuencia de que el activo no llegue a cumplir con la función que se requiere o si lo hace es de una forma ineficiente. Para la identificación de una falla funcional, es muy importante definir el estándar de ejecución dentro del contexto operacional donde se desempeñará. Es importante considerar que un activo puede tener muchas fallas funcionales, las cuales pueden incidir de forma total en el funcionamiento de los sistemas de un activo, ocasionando la parada total del equipo, lo cual no permitirá que el activo llegue alcanzar el estándar operativo.

➤ Modos de falla

Se considera a los modos de falla como las causas físicas que originan las fallas funcionales en los activos, las cuales se tienen que eliminar. Esta afirmación, hace que el RCM sea una metodología sobresaliente en comparación de la forma tradicional de la gestión de activos. Para el RCM tiene como primer objetivo atacar los modos de falla que tienen asociación con las fallas funcionales, estos se realizan mediante actividades de mantenimiento propuestas por el equipo de trabajo. La correcta identificación de los modos de falla por parte del equipo de trabajo, es el primordial factor para seleccionar bien las actividades de mantenimiento. Estas deben cumplir los siguientes aspectos:

- Nivel de falla.
- Causa- raíz de las fallas funcionales.
- Modos de falla con su respectivo nivel de ocurrencia los cuales deben ser registrados.

En ocasiones la identificación de los modos de falla no corresponde al nivel de detalle para analizar un determinado sistema de un activo, para eso es de vital importancia saber identificar el nivel donde se producirán los diferentes modos de falla y así aportar y llevar acabo el desarrollo del sistema de gestión de mantenimiento.

¿Qué es lo que causo la ocurrencia de falla? Es una pregunta que nos permite reconocer de una forma practica la causa raíz de un modo de falla. Las respuestas a la pregunta nos ayudarán a identificar la causa raíz de las fallas de los activos. Para registrar correctamente los modos de falla es muy importante identificar los motivos porque el equipo puede fallar o no cumplir con los estándares de operación.

➤ Efectos o consecuencias de las fallas

Los efectos de las fallas bienen hacer el resultado de la manifestación de un modo de falla identificado dentro del contexto operacional. La identificación de los efectos de falla debe de incluir toda información que permita poder soportar las consecuencias de las fallas. Para poder describir de una forma concisa los efectos que se producen por los modos de falla, se debe de hacer la siguiente pregunta. ¿Cómo evidenciar si un modo de falla ha ocurrido? El equipo de trabajo son los encargados de analizar todos los modos de falla, también son los encargados de informar si la ocurrencia de cada modo de falla será evidente o no por el personal que trabaja dentro del contexto operacional. Para la descripción del efecto de falla, deberá de incluir toda la información recopilada si en algún momento atento contra la integridad humana, seguridad del activo, las operaciones o producción, estos deben de estar escritos de forma clara y concisa, para determinar lo que ocasionará la ocurrencia de los modos de falla. Para el RCM, la severidad de las consecuencias de los modos de falla, son los principales aspectos que se deben de tomar en cuenta para seleccionar las actividades de mantenimiento que se deben de realizar en los activos. El impacto de los modos de falla, siempre dependerá del contexto operacional donde el

activo ejecute sus funciones, de su estándar de operación deseado y las consecuencias físicas que provocan las ocurrencias de cada uno de los modos de falla. Los modos de falla pueden impactar con la seguridad, medio ambiente y las operaciones.

Modos de fallas con consecuencias ocultas; se originan a raíz de las funciones que no son evidenciadas y que representan los equipos, las cuales es difícil de persuadir en el desarrollo de sus funciones. Hoy en día estos modos de falla afectan a los activos, debido al aumento de sistemas más automatizados y complejos. Modos de fallas con consecuencias sobre la integridad humana y medio ambiente. Surgen a raíz de las funciones que son evidentes en los activos, estas fallas afectan a la integridad de las personas y medio ambiente. Modos de fallas con consecuencias operacionales; se presentan a raíz de las funciones que son evidentes en los activos, estas fallas afectan considerablemente en la producción u operación (calidad de servicio de mantenimiento, calidad del producto, cantidad de productos). Modos de fallas con consecuencias no operacionales; se presentan a raíz de funciones evidenciales, estas fallas no tienden a afectar a la integridad humana, medio ambiente y operaciones. Este tipo de modo de falla es originado por la mala administración y consecuencias económicas (costos de reparación). Estos modos de falla que implican a la integridad humana, medio ambiente y operaciones, deben ser identificadas y bien sustentadas por el equipo de trabajo (Moubray, 1997).

Figura 2.6: Árbol de consecuencias de modos de falla



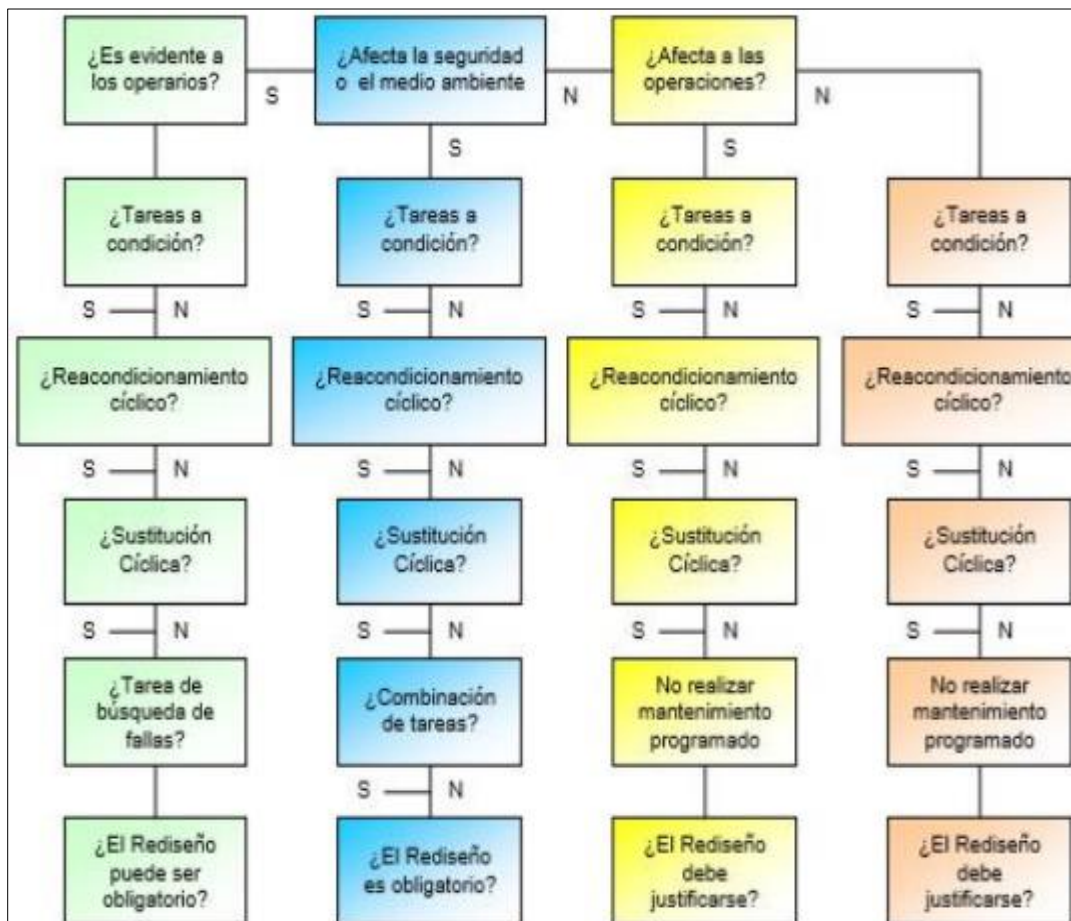
Fuente: Libro RCM, Moubray-1997

Séptima etapa: Actividades de mantenimiento

Después de haber realizado el análisis de modos y efectos de fallas FMEA, se debe de determinar el tipo de mantenimiento o la aplicación de nuevas técnicas

que ayude a prevenir la aparición de cada modo de falla, a raíz del árbol lógico de toma de decisiones, Figura 2.7, este árbol lógico es una de las herramientas del RCM, que nos permite seleccionar las actividades de mantenimientos más adecuadas y así evitar las ocurrencias de fallas y de tal manera disminuir los efectos. Después de seleccionar las actividades de mantenimiento con la ayuda del árbol lógico de decisión, se tiene que especificar el tipo de actividad de mantenimiento con su respectiva frecuencia de ejecución, siempre se debe tener en cuenta los principales objetivos del RCM que son evitar las consecuencias que afecten la integridad humana, medio ambiente y producción. Las actividades de mantenimiento el RCM los clasifica en dos grandes grupos actividades preventivas y actividades correctivas.

Figura 2.7: Árbol lógico de toma de decisiones



Fuente: Norma SAE JA 1011-2009

➤ Tareas en base a condición (predictivas)

Estas tareas de mantenimiento preventivas y programadas (predictivas), están basadas en el hecho de que los modos de falla no aparecen en el instante, si no que se van desarrollando paulatinamente en un tiempo determinado. Si estos

modos de falla son evidentes durante la operación, se toman acciones programadas en base a la condición del activo, para así prevenir y/o eliminar las consecuencias de los modos de falla. En el momento en que se detecta una falla funcional, o se detecta que dentro de un sistema está generándose una falla, se denomina falla potencial. Se denomina así, porque es una acción física que se está evidenciando dentro del activo, la cual indica que en cualquier momento puede ocurrir y detener el proceso de producción.

➤ Tareas de sustitución programada

Se denomina tareas de reacondicionamiento preventivas, a todas las actividades periódicas que se realizan con el fin de restaurar los activos a su condición original. Estas actividades de prevención se realizan en un intervalo de frecuencia que es menor al límite de vida del activo.

➤ Tareas de sustitución programada

Estas tareas de sustitución, es una actividad preventiva que está orientada en el cambio de componentes deteriorados por unos componentes nuevos, en un determinado tiempo menor al de su vida útil. Estas actividades vuelven a su condición original de los componentes, ya que el elemento viejo es reemplazado por uno nuevo.

➤ Actividades de corrección

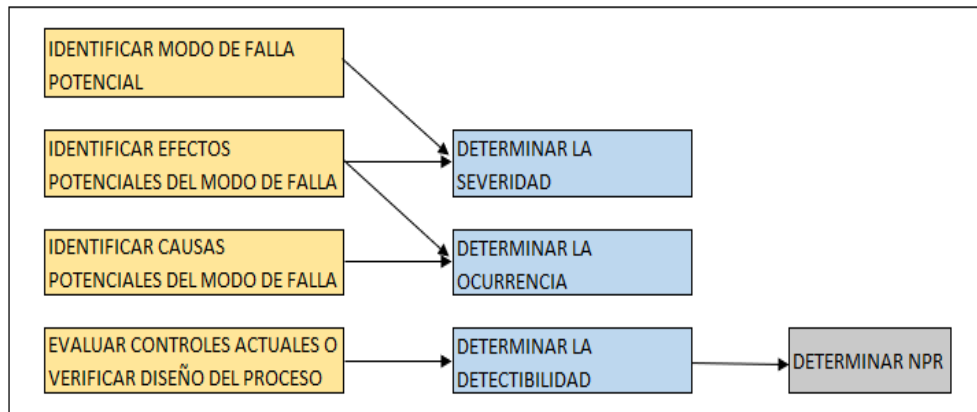
Las actividades de corrección se ejecutan, cuando las actividades de prevención no son factibles para evitar los modos de falla.

- Rediseñar, está actividad se ejecuta cuando no es posible conseguir actividades de prevención para los sistemas de los activos.
- Tareas de mantenimiento no programado; esta tarea se ejecuta cuando las actividades de prevención son altamente costosas y que los efectos de modos de falla pueden ser por consecuencia operacional, se toma la decisión de realizar actividades correctivas.

Octava etapa: Método de evaluación de riesgos del FMEA

Para el análisis y la evaluación del riesgo que asocia a diferentes problemas potenciales de los activos, el FMAE incorpora a través de métodos siendo el más usado, el método NPR.

Figura 2.8: Evaluación del número de riesgo



Fuente: Libro RCM, Moubray-1997

- Número de prioridad de riesgo - NPR

El NPR es considerado como un método que evalúa los riesgos a cada causa de daño potencial. Está definido por el producto del nivel de severidad (NS), el nivel de ocurrencia (NO) y el número de detectabilidad (ND).

Figura 2.9: Evaluación de prioridad de riesgo



Fuente: Libro RCM, Moubray-1997

- Nivel de severidad (NS)

La severidad es un valor numérico, el cual es el encargado de medir la gravedad de un efecto de falla. La severidad es aplicada únicamente a los efectos de las fallas y la estimada en una escala del 1-10. Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Nivel de severidad

DESCRIPCIÓN	EFFECTOS DE FALLA	NIVEL DE SEVERIDAD
Arriesgado sin precaución	Muy alto rango de severidad cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura e involucra al cumplimiento de regulaciones sin precaución.	10
Arriesgado con precaución	Muy alto rango de severidad cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura e involucra al incumplimiento de regulaciones con precaución.	9
Muy alto	Equipo inoperable, las fallas provocan la pérdida de la función para la que fueron diseñadas.	8
Alto	Equipo operable. Fallas que causan un alto grado de insatisfacción al cliente que recibe el servicio.	7
Moderado	Equipo operable. Fallas que afectan el equipo originando un mal funcionamiento de los equipos disminuyendo la calidad del servicio.	6
Bajo	Equipo operable. Fallas que provocan la pérdida de eficiencia y causan que el cliente se queje.	5
Muy bajo	Equipo operable. Fallas que pueden ser mejoradas con pequeñas modificaciones y su impacto sobre la eficiencia de los equipos es bajo.	4
Leve	Equipo operable. Fallas que crean mínimas molestias, que él podría corregir en el proceso sin necesidad de perder eficiencia.	3
Muy leve	Fallas difíciles de reconocer y sus efectos son insignificantes para el proceso.	2
Ninguno	Fallas que no son identificadas y no afectan la eficiencia del proceso.	1

Fuente: MC DERMONTT-1996

Nota: La descripción se encuentra relacionada a la escala de la evaluación de severidad.

- Nivel de ocurrencia (NO)

La ocurrencia es un valor numérico, que corresponde a la causa y su modo de falla que repercuten sobre la vida de diseño de los activos. El nivel de ocurrencia tiene una escala del 1-10. Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Nivel de ocurrencia

DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA FALLA	NIVEL DE OCURRENCIA
Muy alta: Falla que es casi inevitable	Más de una por día, o una probabilidad de más de tres ocurrencias en diez eventos.	10
	Una ocurrencia cada tres o cuatro días, o una probabilidad de tres ocurrencias en diez eventos.	9
Alta: Continuamente falla	Una ocurrencia por semana o una probabilidad de cinco ocurrencias en cien eventos.	8
	Una ocurrencia por mes, o una ocurrencia en cien eventos.	7
Moderada: ocasionalmente falla	Una ocurrencia cada tres meses o tres ocurrencias en mil eventos.	6
	Una ocurrencia cada seis meses en un año, o una ocurrencia en diez mil eventos.	5
Baja: relativamente falla poco	Una ocurrencia por año o seis ocurrencias en cien mil eventos.	4
	Una ocurrencia entre uno y tres años o seis ocurrencias en diez millones de eventos.	3
Remota: no es probable que falle	Una ocurrencia entre tres y cinco años o dos ocurrencias en un billón de eventos.	2
	Una ocurrencia en más de cinco años, o menos de dos ocurrencias en un billón de eventos.	1

Fuente: MC DERMONTT-1996

Nota: La descripción se encuentra relacionada con el nivel de ocurrencia.

- Número de detectabilidad (ND)

La detectabilidad es un valor numérico que representa a todos los métodos de detección de los modos de falla, también se mide en una escala del 1-10. Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Nivel de detectabilidad

DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD DE DETECTABILIDAD	NIVEL DE DETECTABILIDAD
Absolutamente incierto	El proceso y el producto no es controlado. No se puede detectar la causa potencial y su modo de falla.	10
Muy remoto	Se inspecciona solo el producto final a partir de un nivel aceptable de calidad.	9
Remoto	Se inspecciona solo el producto final en base a un modelo previamente probado.	8
Muy bajo	Se inspecciona solo el producto manualmente durante todo el proceso (no hay duda de equipos modernos de control).	7
Bajo	Se inspecciona solo el producto manualmente durante todo el proceso, usando pruebas de ensayo y error.	6
Moderado	El proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado al final del proceso en la línea de producción (25% de automatización).	5
Moderadamente alto	El proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado en dos puntos del proceso en línea de producción (50% de automatización).	4
Alto	El proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado en más de dos puntos del proceso en línea de producción (75% de automatización).	3
Muy alto	El proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado durante el proceso en la línea de producción (100% de automatización).	2
Casi controlado	El proceso se controla bajo técnicas estadísticas de control de procesos, y el producto es inspeccionado durante todo el proceso de la línea de producción (100% de automatización con calibración continua y mantenimiento preventivo de los equipos).	1

Fuente: MC DERMONTT-1996

Nota: La descripción se encuentra relacionada con el nivel de detectabilidad

Novena etapa: Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento ayudan a analizar el comportamiento operacional de los equipos, componentes e instalaciones. De este modo, es aplicable a un plan de mantenimiento para perfeccionar sus actividades que desarrollan diariamente y de tal manera obtener una mejor eficiencia.

- Disponibilidad de un equipo

Se define como la capacidad de un equipo, componente para permanecer en un estado (óptimo), de tal manera, pueda realizar sus funciones bajo condiciones dadas en un instante de tiempo, durante un intervalo de tiempo, se asume que los recursos externos e internos necesarios han sido suministrados.

MTBF: tiempo medio entre fallas, h/período

MTTR: tiempo medio para reparar, h/período

Entonces se tiene:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} \quad (2.1)$$

$$MTBF = \frac{(\text{Tiempo Total Disponible}-\text{Tiempo de inactividad})}{\text{Número de Paradas}} \quad (2.2)$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento correctivo}}{\text{Número de acciones de mantenimiento correctivo realizadas}} \quad (2.3)$$

- Confiabilidad de un equipo

Se define como la probabilidad que un equipo, componente realice sus funciones bajo condiciones dadas en un intervalo de tiempo.

SALDAÑA [21].

$$R(t) = e^{\left(-\frac{t}{MTBF}\right)} \quad (2.4)$$

R(t): Confiabilidad del activo en un tiempo t en %

t: tiempo que se espera que el activo no falle en horas

MTBF: tiempo medio entre fallas en horas

- Mantenibilidad de un equipo

Se define como el tiempo promedio requerido para reparar la falla que se ha presentado (MTTR). En modo normal depende del diseño del equipo y del modo en que se haya montado.

SALDAÑA [21].

$$M_{(t)} = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)} \quad (2.5)$$

M(t): Mantenibilidad del activo en (%)

t: tiempo que se espera reparar el activo en horas

MTTR: tiempo medio entre reparación en horas

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Gestión del mantenimiento preventivo

Según la norma SAE JA1011 [18] la gestión del mantenimiento preventivo es un proceso específico utilizado para identificar políticas que van a ser implementadas para manejar modos de fallo lo cual causaría la falla funcional de cualquier recurso físico en un contexto de operación dado, logrando una estrategia de mantenimiento adecuado u optimizando el actual. Así también, Flores, Gastelu y Ríos [23] definen a la gestión del mantenimiento como la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento, una verdadera gestión es aquella que mediante la planeación de los cuatro procesos administrativos (organizar, controlar, planificar y evaluar) se puede reducir la frecuencia y gravedad de las averías en los equipos, elevando la vida útil, disminuyendo los costos totales de mantenimiento. De igual forma, Rashuamán [17] refiere que la gestión de mantenimiento aplica un conjunto de conocimientos, habilidades, y herramientas sostenidas en la planificación, organización, ejecución y control de las actividades de mantenimiento, con el objetivo de lograr la mayor disponibilidad y confiabilidad de las máquinas, equipos e instalaciones de la empresa, asegurando su vida útil al mínimo costo, máxima calidad y seguridad. También Flores [17] afirma que el mantenimiento preventivo se refiere a que no se debe esperar a que las máquinas fallen para hacerles una reparación, sino que se programen los recambios con el tiempo

necesario antes de que se presente la falla; esto se puede lograr conociendo las especificaciones técnicas de los equipos a través de los manuales. Finalmente, Arata [14] sostiene que el mantenimiento preventivo es aquél que consiste en realizar ciertas reparaciones o cambios de piezas, al vencer un período de tiempo prefijado, con la finalidad de disminuir la probabilidad de daños y pérdidas de producción.

2.3.2. Mantenimiento centrado en confiabilidad

Según la norma SAE JA 1011 [18], el mantenimiento centrado en confiabilidad es una técnica con el cual es posible identificar las políticas que serán implementadas para poder gestionar los modos de falla que causarían una falla funcional de una máquina o activo físico dentro del entorno de operación dado. La norma también establece criterios mínimos que deberán cumplirse para que el proceso o metodología asociado al mantenimiento, sea considerado o definido como RCM. Este proceso o metodología deberá seguir de forma satisfactoria el siguiente proceso.

- a) Funciones: Según la norma SAE JA 1011-1999, es el análisis de cuáles son las funciones y cuál sería el rendimiento óptimo, es decir, la disponibilidad óptima de un equipo. Todas las funciones del equipo serán identificadas.
- b) Fallas funcionales: Según la norma SAE JA 1011-1999, se define cómo puede fallar un equipo que está siendo analizado. Es la identificación de todos los estados de falla asociados a cada función.
- c) Modos de falla: Según la norma SAE JA 1011-1999, es la definición de los modos de falla del equipo, es decir los diferentes tipos de avería, sus consecuencias y el riesgo de seguridad de cada uno.
- d) Efectos de la falla: Según la norma SAE JA 1011-1999, es la identificación del efecto que produce la falla por parada parcial o total del equipo. Discrimina y define la importancia de cada falla para darle la solución.
- e) Consecuencia de la falla: Según la norma SAE JA 1011-1999, es la determinación de cuáles son las consecuencias de la materialización de la falla para el proceso y para las personas involucradas. Estas consecuencias están categorizadas.
- f) Tareas proactivas e intervalos de tareas: Según la norma SAE JA 1011-1999, es la selección de las tareas proactivas de mantenimiento. Definición

de las tácticas de mantenimiento para predecir y prevenir las fallas. Cuanto mayor sea el riesgo asociado a la falla, más se debe invertir en la prevención.

- g) Acciones implícitas: Según la norma SAE JA 1011-1999, es la definición de que hacer caso de existencia de una falla. Lo más importante es revisar las tácticas. Si las tareas de mantenimiento no están teniendo el efecto esperado, se cambia el plan de mantenimiento. Para ello se define acciones implícitas.

2.3.3. Contexto de operación los equipos de la planta pesquera

Los equipos de la planta pesquera se relacionan con el vapor para realizar la cocción de la materia prima (anchoveta). Estos equipos son considerados como electromecánicos. Estos equipos tienen como función la cocción de la anchoveta (la cocción se realiza con el vapor proveniente de las Calderas), en promedio se recibe por día 1080 ton. El flujo de diseño o tonelaje de procesamiento es de 80 toneladas por hora. En el proceso de cocción de la anchoveta se divide en dos procesos, el primero en la elaboración de harina de pescado y en la segunda la extracción de aceite de pescado.

2.3.4. Equipos principales de la planta pesquera

A. Desaguador rotativo

El pescado el cual es bombeado de la chata con una relación de agua/pescado oxidante de movimiento rotativo es drenado en su mayor parte por este desaguador.

Figura 2.10: Desaguador rotativo



Fuente: Flores (2019)

B. Desaguador vibratorio

El pescado el cual es bombeado de la chata con una relación de agua/pescado oxidante de movimiento vibratorio.

Figura 2.11: Desaguador vibratorio



Fuente: Flores (2019)

C. Cocinador

El cocinado es la operación que permite separar la grasa y el agua de las proteínas contenidas en el músculo de la anchoveta. Esta operación se realiza bajo un sistema de cocción indirecto, con ingreso de condensado por la chaqueta y con vapor saturado que ingresa por el tornillo en contracorriente de la alimentación de pescado al cocinador.

Figura 2.12: Cocinador de pescado



Fuente: Flores (2019)

D. Pre-Strainer

La siguiente etapa es el pre-drenado; la carga ingresa al Pre-Strainer para drenar gran parte del líquido generado durante la cocción; el pre-drenado es necesario para hacer más eficiente la operación de prensado.

Figura 2.13: Pre-Strainer



Fuente: Flores (2019)

E. Prensado

Los sólidos caen por gravedad del Pre-Strainer hacia la parte posterior de la Prensa las cuales tienen interiormente un helicoides cónico el cual permite que se realice el prensado, eliminando la parte líquida a través de una malla perforada de acero inoxidable. Estas operaciones se hacen a unos 75-95 °C y la torta de prensa se obtiene con una humedad entre 42 – 48 % en peso que asegura obtener una harina dentro del límite aceptable en contenido graso.

Figura 2.14: Prensa



Fuente: Flores (2019)

F. Molino húmedo

El objetivo de la molienda húmeda, es la homogenización de los sólidos hasta que se satisfagan las condiciones y especificaciones establecidas en el plan Haccap (análisis de peligros y de puntos críticos de control) con el que cuenta la empresa.

Figura 2.15: Molino húmedo



Fuente: Flores (2019)

G. Secador Rotadisk

El Secado se hace en tres etapas y constituye la operación unitaria básica para la obtención de harina de calidad Prime. La torta integral es debidamente homogenizada en el Molino Húmedo antes de su ingreso a los secadores. El primer secado es indirecto y se lleva a cabo en los secadores Rotadisk reduciéndose la humedad de la torta integral a valores entre 42 y 44%.

Figura 2.16: Secador Rotadisk



Fuente: Flores (2019)

H. Secador a Vapor

El segundo secado es también indirecto y se lleva a cabo en los Secadores Rotatubos donde se reduce la humedad de la torta entre 15 y 16%.

Figura 2.17: Secador a Vapor



Fuente: Flores (2019)

I. Secador Aire Caliente

El tercer secado es directo y se realiza con aire caliente el cual es inducido dentro de un cilindro rotatorio el mismo que distribuye la harina en forma de cortinas a lo largo del secador logrando reducir la humedad del scrap de harina a valores entre 7,5 y 8,5 %.

Figura 2.18: Secador de aire caliente



Fuente: Flores (2019)

J. Exhaustor

Son estaciones de paso del proceso por la cual circula la harina de pescado el Exhaustor sirve para enfriar el Scrap (harina de pescado) como parte de proceso.

Figura 2.19: Exhaustor



Fuente: Flores (2019)

K. Ciclón

El Ciclón permite la separación de partículas no deseadas suspendidas por fuerza centrífuga.

Figura 2.20: Ciclón



Fuente: Flores (2019)

L. Molienda Seca

La molienda seca se hace distribuyendo la carga en el molino martillo, el cual cuenta con una malla perforada de 6 mm; el objetivo es obtener una harina con granulometría uniforme entre 0,3 mm y 1,2 mm.

Figura 2.21: Molienda Seca



Fuente: Flores (2019)

M. Purificador

El purificador es de uso indispensable después del secado para separar las partículas no deseadas que se hayan alojado en el Scrap.

Figura 2.22: Purificador



Fuente: Flores (2019)

N. Ensaque

Al inicio del ciclo de producción se reciclan los primeros 80 sacos de harina a la primera etapa del circuito del secado. Luego se ensacan en sacos blancos de 50 Kg. de capacidad, los cuales son pesados en balanzas automáticas; seguidamente se cosen con maquina eléctrica portátil.

- La temperatura de la harina es de 29 - 32°C.
- La limpieza del área es continua durante todo el proceso.

Figura 2.23: Ensaque



Fuente: Flores (2019)

2.3.5. Principio de funcionamiento u operación de la planta pesquera

En una planta pesquera su proceso productivo depende en gran medida del tipo de materia prima que recibe y de la forma en que se clasifique para su procesamiento adecuado, además del tiempo de captura desde donde proviene. Una eficiente eliminación del agua de bombeo, implica un proceso de pesado en las tolvas balanzas, con mayor exactitud para el correspondiente pago a las embarcaciones que venden el pescado, es decir solo se pesa la materia prima seca sin agua. La recuperación de aceite a partir del agua de bombeo, es producida de acuerdo de la cantidad de grasa que tenga la materia prima, y esta fluctúa entre 4,5% y 6%, con lo cual la grasa que se puede recuperar del agua de bombeo estará entre los valores del 0.2% al 0.5% dependiendo del estado de rotura del pescado durante su transporte.

2.3.6. Disponibilidad

Para Pérez [25] la disponibilidad es la capacidad de una máquina, equipo o sistema para cumplir funciones específicas o requeridas, bajo condiciones de operación dadas, en un tiempo o período determinado. También Andrew [26] sostiene que la disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente, Asimismo, Pérez [25] define a la disponibilidad como la proporción de tiempo que un equipo está en condiciones de operar y realizar la función para la que ha sido diseñado respecto al tiempo total de horas para el periodo considerado. Así también, Viveros [27] sostiene que la disponibilidad es el porcentaje de tiempo en total en el que una maquina puede realizar la función o funciones para la que fue concebida. Menciona también que la disponibilidad no quiere decir que la maquina esté en funcionamiento, sino el tiempo en el que se encuentra dispuesto para realizar sus funciones de diseño. Finalmente, Arata [14] sostiene que la disponibilidad es la correspondencia a la aptitud de una máquina de estar en un estado para el cumplimiento de una función que se requiere, en las condiciones dadas, en el momento que requiere y por tiempo requerido, asumiendo que se está asegurada el suministro de los medios asociados.

2.3.7. Mantenibilidad

Según Pérez [25] la mantenibilidad es la facilidad para la ejecución de los trabajos de mantenimiento asociado a una maquina con la finalidad de retornar a las condiciones originales de operación considerando el empleo del menor tiempo cumpliendo los procedimientos que ya están definidos. La mantenibilidad también se refiere a las medidas tomadas durante el desarrollo, diseño e instalación de un producto manufacturado que reducen el mantenimiento requerido, las horas de trabajo, las herramientas, el costo logístico, los niveles de habilidad y las instalaciones, y aseguran que el producto cumpla con los requisitos para su uso previsto.

Dentro de la mantenibilidad se definen el tiempo medio para reparar (MTTR) y el

número de reparaciones #R como indicadores de desempeño.

Tiempo medio para la reparación (MTTR): según Arata [14], es el tiempo que toma la reparación de un equipo o sistema, tiempo que considera la reparación propiamente, así como las pruebas necesarias que confirmen que el equipo tenga la condición de cumplir con sus funciones. Su cálculo es como sigue.

$$MTTR = \frac{TTM}{\#R} \quad (2.6)$$

TTM: Tiempo total de mantenimiento

#R: Número de reparaciones

Persona especializada: Es una persona de formación profesional y que es especialista en técnicas para la conservación y el monitoreo de máquinas dentro de un proceso productivo. Es capaz de evaluar riesgos e identificar problemas para luego actuar ejecutando medidas preventivas.

2.3.8. Confiabilidad

Según Pérez [25] es la probabilidad de que un activo cumpla con su función, en un tiempo determinado y bajo un entorno operacional específico hasta que se presente una falla o parada.

Dentro de la confiabilidad se definen el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el número de fallas o paradas #F como indicadores de desempeño.

Tiempo medio entre fallas (MTBF): según Arata [20], es la representación del tiempo promedio que transcurre entre dos fallas en un mismo equipo o máquina. Si su valor es elevado representa que la máquina es más confiable en su funcionamiento y viceversa. Su cálculo es como sigue.

$$MTBF = \frac{(TTD-TDI)}{\#P} \quad (2.7)$$

TTD: Tiempo total disponible

TDI: Tiempo de inactividad

#P: Número de paradas

Número de fallas o paradas (#P): Según Arata [14], es la cantidad de veces en que una máquina pierde su condición de funcionamiento debido a alguna

avería que le impide cumplir con su función.

2.4. Definición de términos básicos:

- **MTBF (Mean Time Between Failures):** El MTBF por sus siglas en inglés o también denominado TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas) por sus siglas en español, hace referencia al tiempo promedio entre cada ocurrencia de falla de una máquina. Es un indicador clave dentro de la gestión de mantenimiento y sirve para el control de dicha gestión por parte de las compañías.
- **MTTR (Mean Time To Repair):** El MTTR por sus siglas en inglés o también denominado TMPR (Tiempo Medio Para Reparar) por sus siglas en español, hace referencia al tiempo promedio que toma la reparación de la falla y reestablecer la maquina operativa. Es un indicador clave dentro de la gestión de mantenimiento y sirve para el control de dicha gestión por parte de las compañías
- **Falla:** Es un evento no deseado que detiene a un equipo o sistema haciendo que deje de cumplir con sus funciones ya sea en forma total o parcial. Es decir, se altera la capacidad de trabajo de dicha máquina.
- **Mantenimiento preventivo:** Se denomina así al conjunto de tareas de mantenimiento que se realizan con la finalidad de evitar fallas en los equipos los cuales de desarrolla con una frecuencia establecida.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis Hipótesis general

El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera.

3.2. Hipótesis específicas

El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera.

El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera.

3.3. Operacionalización de variable independiente

Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente

Variable 1						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	MÉTODO Y TÉCNICA
INDEPENDIENTE: MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO	La norma SAE JA1011 de 1999 refiere que a gestión del mantenimiento preventivo es un proceso específico utilizado para identificar políticas que van a ser implementadas para manejar modos de fallo lo cual causaría la falla funcional.	La gestión del mantenimiento preventivo se evaluará tomando en cuenta las funciones, fallos funcionales, modos de fallas, efectos de falla, consecuencia de la falla, tareas proactivas e intervalos de tarea, y acciones implícitas en consideración a sus elementos observables.	Funciones	Funciones identificadas	Cantidad de funciones que realiza el equipo.	El proceso donde el equipo está involucrado.
			Fallas funcionales	Estados de falla	Tipo específico de falla de un equipo.	Cantidad de fallas funcionales potenciales.
			Modos de falla	Número de modos de falla	Cantidad de modos de fallas en un equipo	Cantidad de modos de falla.
			Efectos de la falla	Efecto producido por la falla	Es la pérdida de alguna función de un equipo.	Pérdida de calidad en la producción.
			Consecuencia de las fallas	Número de categoría de falla	Consecuencia que conlleva un tipo de falla	Cuantificación de perdida por una falla.
			Tareas proactivas e intervalos de tareas	Número de tareas proactivas	Actividades que se realizan para evitar una falla	Número de tareas dentro del plan de mantenimiento de un equipo.
			Acciones implícitas	Número de acciones implícitas.	Acciones que se ejecutan si el plan implementado después del análisis falla.	Número de tareas implícitas.

3.4. Operacionalización de variable dependiente

Tabla 3.2: Operacionalización de la variable dependiente

Variable 2						
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	MÉTODO Y TÉCNICA
DEPENDIENTE: DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS	Pérez (2021) afirma que la disponibilidad es la capacidad de una máquina, equipo o sistema para cumplir funciones específicas o requeridas, bajo condiciones de operación dadas, en un tiempo o período determinado	La disponibilidad de los equipos en una planta pesquera del sur del país tomando en cuenta la mantenibilidad y disponibilidad en consideración a sus elementos observables a través del registro de tiempo de duración de las reparaciones después de una falla, entrevista y evaluación técnica, registro de tiempo de entre fallas en un mismo equipo y registro de fallas.	Mantenibilidad: Según B.S. Dhillon Ph.D. (1999) la mantenibilidad se refiere a las medidas tomadas durante el desarrollo, diseño e instalación de un producto manufacturado que reducen el mantenimiento requerido Confiabilidad: Es la probabilidad de que un activo cumpla con su función, en un tiempo determinado y bajo un entorno operacional específico hasta que se presente una falla.	Tiempo medio para la reparación (MTTR) Tiempo medio entre fallas (MTBF)	MTTR = (Tiempo total de mantenimiento correctivo durante un determinado periodo por el número de acciones de mantenimiento correctivo realizadas) MTBF = (Tiempo Total Disponible – Tiempo de inactividad) / Número de Paradas	Registro de tiempo de duración de las reparaciones después de una falla. Entrevista y evaluación técnica. Registro de tiempo de entre fallas en un mismo equipo. Registro de fallas.

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

La investigación aplicada se caracteriza por poseer una finalidad práctica e inmediata y bien definida, la investigación sirve para actuar, variar, cambiar o crear variaciones en un sector de la realidad determinada, se menciona que la investigación experimental, se clasifica en tres clases: pre-experimentales, experimentales puros y cuasiexperimentales. La investigación pre-experimental tiene un grado mínimo de control, útil como un primer acercamiento al problema real de investigación, no cumple con los requisitos de experimento puro, hay manipulación de la variable independiente, se tiene la certeza para establecer causalidad o relación causa-efecto, es vulnerable a un posible control y validez interna según Hernández [22].

El presente trabajo de investigación es de tipo pre-experimental porque enfocó la atención en la gestión del mantenimiento preventivo que obedece a políticas de mantenimiento basadas en las experiencias pasadas de las personas que lo administran, así como de las recomendaciones de los fabricantes de las máquinas. Esta gestión del mantenimiento fue analizada para encontrar oportunidades de mejora que justificaran su manipulación de manera intencional con el objetivo de lograr una mejora en la disponibilidad como consecuencia de dicha manipulación. Además, que dentro del estudio de investigación solo podemos controlar el plan de mantenimiento preventivo mas no otras variables como lo son la calidad de la operación de la máquina, el tipo de mineral, etc.

Según Hernández [22], el enfoque cuantitativo de la investigación representa un conjunto de procesos, es secuencial y es demostrativo. Pues cada etapa del proceso precede a la próxima no pudiendo eludir o saltar los pasos ya que el orden es estricto. Se parte de una idea que se acota y delimita para derivar en objetivos e interrogantes de investigación, se examina la literatura para construir un marco teórico. De las interrogantes se sientan las hipótesis y se determinan las variables, se plantea un plan para poder probarlas, las variables son evaluadas en un contexto determinado, mediante métodos estadísticos se analizan las mediciones que se obtienen para finalmente extraer una sucesión de conclusiones.

El alcance o nivel de la investigación del presente trabajo es explicativa pues vamos a investigar para determinar ¿en qué medida el modelo de gestión de

mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera? En el presente trabajo de investigación se siguió un orden y metodología descrita en las 7 preguntas del RCM que materializa a la ingeniería de confiabilidad donde los datos históricos de tiempos entre fallas serán analizados mediante modelos matemáticos de distribución probabilística para tener claro el desempeño de las políticas de mantenimiento iniciales, encontrar oportunidades de mejora que se plasmen y modifiquen dicha política con el objetivo de lograr una mejora.

4.2. Método de investigación.

Hernández [22], sostiene que la finalidad del método sistémico es el estudio del objeto iniciando con la determinación de los elementos que lo conforman, las relaciones y límites que estos presentan, para analizar su estructura y la dinámica propia de su funcionamiento.

En el presente trabajo de investigación se realizó el análisis de los equipos que conforman la planta pesquera, así se determinó las relaciones que tienen cada una de ellas entre sí, así como la función de cada uno de los equipos. Ello con la finalidad de tener claridad de la dinámica de cada elemento cuando los equipos de la planta pesquera operan.

4.3. Población y muestra.

Hernández [22], sostiene que la población es el conjunto total de elementos que conforman el espacio territorial donde se encuentra el problema de investigación y tienen características más concretas que el universo. La población por lo general contiene a la muestra. Muchas veces el estudio total de la población suele ser muy costoso. Menciona también que la muestra es una fracción representativa de la población, caracterizada por tener las mismas propiedades de ésta, es posible de estudiar y tiene un tamaño medido, de la cual es proporcional al tamaño de la población. La muestra es seleccionada mediante técnicas adecuadas.

En el presente trabajo de investigación, la población corresponde a los 50 equipos de una planta pesquera y la muestra es de 21 equipos de una planta pesquera, la cual se obtuvo con la fórmula del tamaño de la muestra finita, teniendo un nivel de confianza del 95%, con un error de 5% y posterior a eso se verificó el historial de fallas de los equipos más confiables de toda planta.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado.

El lugar de estudio del proyecto es una planta pesquera ubicada en el distrito de Pacocha, provincia de Ilo, departamento de Moquegua, en el sur del Perú.

El periodo se consideró en el inicio del mes de abril del 2021 y finales de abril del 2022.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

Según Hernández (2014), las técnicas son una serie de medios que se utilizan para la recolección de la información, entre los más importantes tenemos a la observación, cuestionario, entrevistas y encuestas. Menciona también que los instrumentos son herramientas que usa el investigador para poder acercarse a los hechos y registrar la información.

Las técnicas que se usaron para el desarrollo de la investigación fueron la observación y análisis del comportamiento de los equipos de la planta pesquera por parte del personal de mantenimiento y revisión de la documentación asociada a cada uno de los equipos de la planta pesquera.

Por otro lado, los instrumentos que se usaron para el desarrollo de la investigación fueron Software SAP PM (descripción breve de que consiste).

Se usaron los siguientes instrumentos, herramientas y métodos:

- Listado de equipos en la planta pesquera.
- Historial de tiempo de falla de los equipos.
- Historial de tiempo de reparación de los equipos.
- Modelo de gestión de mantenimiento a usar para cada equipo, según la estructura del marco teórico.
- Evaluación de disponibilidad de las ordenes de trabajo de mantenimiento.

4.6. Análisis y procesamiento de datos.

La data o la información que se analizó en el trabajo de investigación fueron extraídos del software SAP PM que es una licencia de propiedad de la empresa pesquera y forma parte de la automatización empleada, recibiendo y almacenando información que es enviada por la sensoria instalada en las maquinas. Dicho software trabaja en línea con múltiples señales que son emitidas por los equipos cuando están funcionando o detenidos, el comportamiento de estos datos es ingresados por el personal a cargo de ingresar los datos de paradas y tiempo de reparación. Estos datos son guardados en la

base de datos de la empresa pesquera para su análisis, así como para la evaluación de los KPIs de la operación y mantenimiento.

Para el trabajo de investigación, la información historia de detenciones de los equipos es analizada discriminando detenciones que no están asociadas a fallas, pudiendo ser éstas producto de detenciones debido a contingencias sociales, falta de abastecimiento de insumos para la producción, etc. Es decir, la información historia de detenciones se “limpia” para iniciar su análisis asociando a cada detención el motivo que lo suscito, así como también el tiempo que demoro hasta que la maquina entro en operación nuevamente.

El procesamiento del historial de detenciones se realizó utilizando un modelo matemático probabilístico para el cálculo de los KPIs de desempeño.

4.7. Aspectos Éticos en Investigación.

Con respecto al aspecto ético de la investigación, se respeta la autoría de algunos conceptos tomados en la presente investigación citando conforme a lo recomendado en la ISO 690, así mismo se respeta la reserva del nombre de la organización debido a la no aceptación del consentimiento informado por parte de la empresa pues los datos son el reflejo de las políticas de mantenimiento, los datos obtenidos son confiables y fidedignos de la organización además el proyecto de investigación cumple con los índices de similitud aprobados por la escuela de posgrado de ingeniería mecánica y energía.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Según los datos obtenidos del historial de los 21 equipos que intervienen en la elaboración de harina y aceite de pescado, se tienen los cálculos de disponibilidades de los equipos y estas son del antes (pretest) y después (postest) de implementado el nuevo modelo de gestión de mantenimiento en la planta pesquera correspondientes a los años 2021 y 2022 respectivamente.

Tabla 5.1: Resultados de la investigación.

MES	MTBF INICIAL	MTBF FINAL	MTTR INICIAL	MTTR FINAL	DISPONIBILIDAD INICIAL	DISPONIBILIDAD FINAL
Enero	9.75	28.24	1.44	3	87.15%	90.40%
Febrero	22.72	-	6.66	-	77.34%	-
Marzo	19.95	-	6.47	-	75.51%	-
Abril	20.18	51.3	4.31	4.43	82.40%	92.06%
Mayo	18.17	51.05	5.3	5.36	77.41%	90.50%
Junio	20.55	60.3	5.48	6.44	78.93%	90.35%
Julio	21.11	-	6.71	-	75.88%	-
Agosto	21.02	-	5.91	-	78.05%	-
Setiembre	22.01	-	5.56	-	79.83%	-
Octubre	20.15	56.73	5.96	6.28	77.18%	90.03%
Noviembre	17.21	43.72	4.92	6.13	77.78%	87.71%
Diciembre	26.54	42.47	4.94	5.34	84.31%	88.84%

Tabla 5.2: Estadísticos de los principales indicadores obtenidos

		Estadísticos					
		MTBF INICIAL	MTBF FINAL	MTTR INICIAL	MTTR FINAL	DISPO INICIAL	DISPO FINAL
N	Válido	12	7	12	7	12	7
	Perdidos	0	5	0	5	0	5
Media		19.9467	47.6871	5.3050	5.2829	.7931	.8998
Mediana		20.3650	51.0500	5.5200	5.3600	.7791	.9035
Moda		9.75 ^a	28.24 ^a	1.44 ^a	3.00 ^a	.76 ^a	.88 ^a
Desv. Desviación		3.96581	10.69554	1.42279	1.22467	.03551	.01376
Varianza		15,728	114,395	2,024	1,500	,001	,000
Mínimo		9.75	28.24	1.44	3.00	.76	.88
Máximo		26.54	60.30	6.71	6.44	.87	.92

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

5.2. Resultados inferenciales

Según los datos obtenidos en los resultados descriptivos, se tomó una muestra de 12 datos del antes y 7 datos del después de los indicadores de desempeño MTBF, MTTR y Disponibilidad, ya que estos datos pertenecen a los meses de producción (enero a diciembre) los cuales se muestra en la tabla 5.3. Ello para saber si se ajustan a una distribución normal o no normal, se utilizó la prueba de bondad de ajuste o normalidad, utilizando el SPSS v27.

Tabla 5.3: Muestra de los indicadores de desempeño

MES	MTBF INICIAL	MTBF FINAL	MTTR INICIAL	MTTR FINAL	DISPONIBILIDAD INICIAL	DISPONIBILIDAD FINAL
Enero	9.75	28.24	1.44	3	87.15%	90.40%
Febrero	22.72	-	6.66	-	77.34%	-
Marzo	19.95	-	6.47	-	75.51%	-
Abril	20.18	51.3	4.31	4.43	82.40%	92.06%
Mayo	18.17	51.05	5.3	5.36	77.41%	90.50%
Junio	20.55	60.3	5.48	6.44	78.93%	90.35%
Julio	21.11	-	6.71	-	75.88%	-
Agosto	21.02	-	5.91	-	78.05%	-
Setiembre	22.01	-	5.56	-	79.83%	-
Octubre	20.15	56.73	5.96	6.28	77.18%	90.03%
Noviembre	17.21	43.72	4.92	6.13	77.78%	87.71%
Diciembre	26.54	42.47	4.94	5.34	84.31%	88.84%

A. Prueba de normalidad o bondad de ajuste de los datos obtenidos del antes y después de la variable y dimensiones

Luego de obtener los datos de la variable y dimensiones de estudio, además con la finalidad de realizar la contrastación de la hipótesis general y específicas se realizó la prueba de normalidad por Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov.

Tabla 5.4: Prueba de normalidad de los datos

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTBF INICIAL	,231	7	,200*	,913	7	,418
MTBF FINAL	,195	7	,200*	,938	7	,617
MTTR INICIAL	,293	7	,069	,776	7	,024
MTTR FINAL	,233	7	,200*	,881	7	,231
DISPO INICIAL	,248	7	,200*	,868	7	,179
DISPO FINAL	,228	7	,200*	,938	7	,623

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se plantearon la hipótesis nula y la hipótesis alterna.

H_0 : Los datos de significancia no presentan distribución paramétrica

H_1 : Los datos de significancia presentan distribución paramétrica

Para la prueba de normalidad se tuvo en cuenta que, si la significancia α es mayor a 0.05, los datos tienen distribución paramétrica, de lo contrario los datos tienen distribución no paramétrica.

Para el presente estudio se cuenta con la cantidad de datos menor a 50 por consiguiente se utiliza la prueba de Shapiro-Wilk.

Así mismo, se observa que los datos tienen distribución paramétrica debido a que la significación es mayor a 0.05 para lo cual se realizará la prueba T Student, para la contratación de la hipótesis.

Se observa que los datos tienen distribución no paramétrica cuando son menores de 0.05 para lo cual se realizará la prueba Wilcoxon, para la contratación de la hipótesis.

B. Prueba de T Student de los datos obtenidos

Los resultados descriptivos fueron analizados con la distribución t-Student para la Disponibilidad y para el MTBF con dos muestras relacionadas; para el MTTR lo analizaremos como prueba no paramétrica (Wilcoxon) con dos muestras relacionadas. Para los tres casos se realizó ejecutando el plan de mantenimiento preventivo inicial y en la segunda observación se ejecutó con el plan de mantenimiento preventivo modificado (veda en la zona sur) pero ambas se realizaron a los mismos equipos de la planta pesquera.

Hipótesis general - Disponibilidad: De los resultados descriptivos se analizan doce disponibilidades (una por mes) de cada una de las observaciones, esto es mostrado en la tabla 5.5.

Tabla 5.5: Disponibilidades de cada mes.

MES	DISPONIBILIDAD INICIAL	DISPONIBILIDAD FINAL
ENERO	87.15%	90.40%
FEBRERO	77.34%	-
MARZO	75.51%	-
ABRIL	82.40%	92.06%
MAYO	77.41%	90.50%
JUNIO	78.93%	90.35%
JULIO	75.88%	-
AGOSTO	78.05%	-
SETIEMBRE	79.83%	-
OCTUBRE	77.18%	90.03%
NOVIEMBRE	77.78%	87.71%
DICIEMBRE	84.31%	88.84%

Se desea determinar si los promedios entre disponibilidad inicial y disponibilidad final son diferentes usando la muestra de $n = 12$ observaciones de disponibilidades considerando el margen de error de $\alpha = 5\%$.

Se establecen la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

H_0 : El modelo de gestión de mantenimiento no incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera.

H_1 : El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera.

Entonces:

$$H_0: X_1 = X_2$$

$$H_1: X_1 \neq X_2$$

Tabla 5.6: Prueba T Student a datos de disponibilidad

Prueba de muestras emparejadas								
Diferencias emparejadas								
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 DISPO INICIAL – DISPO FINAL	-0.0924	0.03904	0.01475	-0.1285	-0.0563	-6,266	6	,001

De los resultados se concluyó que se rechaza la hipótesis nula H_0 : El modelo de gestión de mantenimiento no incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera, debido a que el estadístico $t = -6.266$ está fuera del rango del intervalo de confianza $-0.12854 < Z < -0.05634$, además la significancia es menor a $\alpha = 0.05$.

Hipótesis específica 1 - Mantenibilidad: De los resultados descriptivos se analizaron a la mantenibilidad asociando el MTTR para ello ya que este indicador es un reflejo de lo mantenible que es el equipo. En base a una muestra de doce valores del MTTR (una por mes) de cada una de las observaciones, esto es mostrado en la tabla 5.7.

Tabla 5.7: MTTR de cada mes

MES	MTTR INICIAL	MTTR FINAL
ENERO	1.44	3.00
FEBRERO	6.66	-
MARZO	6.47	-
ABRIL	4.31	4.43
MAYO	5.3	5.36
JUNIO	5.48	6.44
JULIO	6.71	-
AGOSTO	5.91	-
SETIEMBRE	5.56	-
OCTUBRE	5.96	6.28
NOVIEMBRE	4.92	6.13
DICIEMBRE	4.94	5.34

Se analizó la muestra para determinar si los promedios entre MTTR inicial y MTTR final son diferentes usando la muestra de $n = 12$ observaciones de MTTR considerando el margen de error de $\alpha = 5\%$.

Se establecieron la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

H_0 : El modelo de gestión de mantenimiento no incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera.

H_1 : El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera.

Entonces:

$$H_0: X_1 = X_2$$

$$H_1: X_1 \neq X_2$$

Usando la herramienta en el software SPSS, tenemos lo siguiente:

Se realizó el análisis considerando un intervalo de confianza del 95%. El cual se muestra en la tabla 5.8.

Tabla 5.8: Prueba No paramétrica (Wilcoxon) a datos de MTTR

Estadísticos de prueba^a	
	MTTR FINAL - MTTR INICIAL
Z	-2,366 ^b
Sig. asin. (bilateral)	,018

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

De los resultados se concluyó que se rechaza la hipótesis nula H_0 : El modelo de gestión de mantenimiento no incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera. Debido que el valor de la significancia es 0.018, para lo cual es menor a $\alpha = 0.05$ para pruebas no paramétricas.

Hipótesis específica 2 - Confiabilidad: De los resultados descriptivos se analizó a la confiabilidad asociando el MTBF para ello ya que este indicador es un reflejo de cuan confiable es el equipo durante la operación de esta. En base a una muestra de doce valores del MTBF (una por mes) de cada una de las observaciones, esto se mostrada en la tabla 5.9.

Tabla 5.9: MTBF de cada mes.

MES	MTBF INICIAL	MTBF FINAL
ENERO	9.75	28.24
FEBRERO	22.72	-
MARZO	19.95	-
ABRIL	20.18	51.30
MAYO	18.17	51.05
JUNIO	20.55	60.30
JULIO	21.11	-
AGOSTO	21.02	-
SETIEMBRE	22.01	-
OCTUBRE	20.15	56.73
NOVIEMBRE	17.21	43.72
DICIEMBRE	26.54	42.47

Se desea determinar si los promedios entre MTBF inicial y MTBF final son diferentes usando la muestra de $n = 12$ observaciones de MTBF considerando el margen de error de $\alpha = 5\%$.

Se establecen la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

H_0 : El modelo de gestión de mantenimiento no incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera.

H_1 : El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera.

Entonces:

$$H_0: X_1 = X_2$$

$$H_1: X_1 \neq X_2$$

Se realiza el análisis considerando un intervalo de confianza del 95%. En la tabla 5.10 se muestran los resultados.

Tabla 5.10: Prueba T Student a datos de MTBF

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par	MTBF								
1	INICIAL - MTBF FINAL	-28.7514	8.94073	3.37928	-37.0202	-20.4826	-8,508	6	,000

El valor del estadístico de prueba $t = -8.508$ quedó fuera del intervalo de confianza $-37.02023 < Z < -20.48263$, además la significancia es menor a $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, de los resultados se concluye que se rechaza la hipótesis nula H_0 : El modelo de gestión de mantenimiento no incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados

En relación a los resultados obtenidos del capítulo anterior después de haber ingresado los datos al software SPSS V.27 como herramienta de análisis estadístico de las hipótesis. Los resultados serán comparados para contrastar las hipótesis propuestas en el presente estudio de investigación.

Hipótesis general: El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera. Después de analizar y realizar la interpretación del resultado obtenido, fue posible afirmar que al modificar la gestión del mantenimiento influyó positivamente en la disponibilidad de los equipos de la planta pesquera pues esta última mejoró del 79% al 90%, es decir se observó un incremento del 11%. Así mismo, se identifica que los esfuerzos centrados en las oportunidades de mejora eliminan las fallas satisfactoriamente. Ahora se cuenta con mayor tiempo de disponibilidad del equipo para el proceso de elaboración de harina y aceite de pescado.

Hipótesis específica 1: El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera. Luego de analizar y ejecutar la interpretación del resultado obtenido, se logró afirmar que al manipular el modelo de gestión de mantenimiento influye positivamente en la mantenibilidad de los equipos de la planta pesquera pues estos últimos mejora de 5.31 horas a 5.28 horas, es decir hay una reducción de 0.03 horas, se entiende que la mejora de la mantenibilidad es la reducción del tiempo para reparar una avería hasta que la actividad se restablezca.

Hipótesis específica 2: El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera. Luego de analizar y ejecutar la interpretación del resultado obtenido, se logró afirmar que al manipular la gestión del mantenimiento preventivo influye positivamente en la confiabilidad de los equipos de la planta pesquera pues estos últimos mejoran de 19.946 horas a 47.685 horas, es decir hay un incremento de 27.739 horas. Esto indica que los tiempos de operación de los equipos sin presentar una avería ha incrementado. Ahora los equipos de la planta pesquera son más confiables en su operación.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

Luego de realizar el análisis y según los resultados obtenidos en la investigación, aplicando la metodología RCM la cual se materializa en los fallos potenciales de los equipos, se obtuvo una mejora en los indicadores de desempeño entre la primera y segunda información, la primera de doce meses y la segunda de siete meses, esto debido a la toma de decisiones respecto a la parada de planta y el plan de mantenimiento base donde se vio un incremento significativo de 11% en la disponibilidad de los equipos de la planta pesquera, esto da una visión de que el número de fallas ha disminuido y que por lo tanto se prolonga el tiempo para la operación de los equipos.

En tal sentido se presenta a autores que tienen resultados similares al presente estudio de investigación. Tenemos a, Oyola y Castillo (2023) en su trabajo titulado “Gestión del plan de mantenimiento preventivo basado en la administración del backlog y su influencia en la disponibilidad de los equipos eléctricos en la empresa minera Nexa S.A. unidad Pasco – 2022”, quienes afirman dentro de sus conclusiones que la disponibilidad mejoró de un 95.46% a 97.96% después de haber implementado la gestión de backlog de los equipos eléctricos en la empresa minera Nexa S.A.

Así también Valdivieso y Fernández (2023) en su trabajo titulado “Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del equipo separadora ambiental en una empresa pesquera”, quienes afirman dentro de sus conclusiones que la disponibilidad mejoró de un 85,80% a 95,04% después de haber implementado la metodología 5S y la creación de MRP de los equipos de la separadora ambiental en una empresa pesquera.

Así también Aldana (2019) en su trabajo titulado “Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A”, quien afirma dentro de sus conclusiones que la disponibilidad mejoró de un 87,51% a 91,57% después de haber implementado el mantenimiento preventivo en los equipos de la empresa concretera.

Finalmente, Rashuamán (2019) en su trabajo titulado “Modelo de gestión de mantenimiento para el incremento de disponibilidad de las máquinas en una planta de fabricación de bombas centrífugas”, quien afirma dentro de sus

conclusiones que la disponibilidad mejoró en un 87,90% a 90,40% después de haber evaluado e instalar máquinas con tecnología de punta en una planta de fabricación de bombas centrífugas.

De igual manera, en el presente estudio de investigación se observa que el indicador de desempeño MTTR relacionado con la mantenibilidad, mostró una variación positiva de 5.31 horas a 5.28 horas al lograr una reducción de 0.03 horas, esto da una visión respecto al cambio del plan de mantenimiento base y se refleja en la optimización de los tiempos para la reparación una falla. En tal sentido se presenta a autores que tienen resultados similares al presente estudio de investigación. Tenemos a, De la Cruz y Arata (2021) en su trabajo de investigación titulado “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado - Callao - 2021” donde sostiene que el MTTR se redujo de 3.5 a 2.5 horas después de aplicar el RCM y la distribución de Weibull en los equipos críticos.

Así también Gonzales y Vásquez (2020) en su trabajo de investigación titulado “Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el área mecánica de la empresa guvi servis e.i.r.l. 2020.” Quienes afirman dentro de sus conclusiones que el MTTR se redujo de 28.0 a 17.8 horas en el torno paralelo, la fresadora y la mandrinadora, luego de implementar el plan de mantenimiento para los equipos críticos de la empresa.

De igual manera en el presente estudio de investigación se observa que luego de haber sido contrastado las hipótesis con los resultados, por lo cual se contrasta con las siguientes indicador de desempeño MTBF relacionado con la confiabilidad, mostró una variación positiva de 19.946 a 47.685 horas logrando un incremento de 27.739 horas, esto da una visión respecto a la aplicación de instrumentos tecnológicos realizando la predicción de cuándo ocurrirá una falla, esto nos ayuda a evitar fallas potenciales más recurrentes y aumentará el tiempo de producción. En tal sentido se presenta a autores que tienen resultados similares al presente estudio de investigación. Tenemos a, De la Cruz y Arata (2021) en su trabajo de investigación titulado “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado - Callao - 2021” quienes afirman dentro de sus conclusiones el incremento del valor del MTBF de 496.0 a 497.5

horas en los equipos críticos como el Secador de Aire Caliente y Transportador Colector Rotadiscos, después de aplicar el RCM y la distribución de Weibull. Así también Gonzales y Vásquez (2020) en su trabajo de investigación titulado “Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el área mecánica de la empresa guvi servis e.i.r.l. 2020.” Quienes afirman dentro de sus conclusiones que el MTBF incrementó de 170.4 a 398.2 horas en el torno paralelo, la fresadora y la mandrinadora, luego de implementar el plan de mantenimiento para los equipos críticos de la empresa.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en este informe, asegurando su veracidad y exactitud conforme a los principios éticos establecidos por la UNAC. Esto implica realizar una investigación exhaustiva, utilizando fuentes confiables y verificadas, así como citar adecuadamente cualquier información tomada de terceros para garantizar la transparencia y la integridad académica. Además, el autor se compromete a respetar los derechos de propiedad intelectual de terceros y a no incurrir en plagio o cualquier otra forma de mala práctica académica. En caso de identificar errores o imprecisiones en el informe, el autor se compromete a corregirlos de manera oportuna y a asumir las consecuencias de sus acciones, manteniendo en todo momento la honestidad y la responsabilidad profesional.

Maestría: Díaz Pedraza, Christian Arturo con DNI N°48203422

VII. CONCLUSIONES

- Se logró determinar que el modelo de gestión de mantenimiento mejoró la disponibilidad en un 11% por la aplicación de la metodología RCM que organiza las actividades y la gestión para el desarrollo de programas organizados los cuales se centran en la confiabilidad de los equipos, la cual trajo resultados significativos en la disponibilidad de los equipos de una planta pesquera. Esto se refleja en los resultados calculados para la disponibilidad mediante el método de Coeficiente Alfa de Cronbach durante la primera y segunda observación que duraron doce meses aproximadamente cada uno evidenciando que la disponibilidad de los equipos paso de 79% a 90%. Ello representa un valor muy representativo para la planta pesquera ya que contamos con un tiempo mayor para poder operar y por tanto mayor producción de tonelaje de elaboración de harina y aceite de pescado.
- El modelo de gestión de mantenimiento mejoró la mantenibilidad logrando una reducción de 0.03 horas. Además, la estrategia que se utiliza es el cambio de plan de mantenimiento a mediano plazo, el cual se relaciona directamente con el indicador MTTR ya que este indicador dimensiona cuan mantenible son los equipos de la planta pesquera comprendiendo que, si tenemos un valor alto de este indicador, la mantenibilidad seria baja y en caso contrario si tenemos un valor bajo de este indicador la mantenibilidad seria alta, dando como resultados inicial y final 5.28 horas y 5.31 horas respectivamente. Lo cual representa es representativo para este tipo de equipos dentro de la pesquera y que también logra aportar para un mayor tiempo de operación y por tanto mayor producción de tonelaje de elaboración de harina y aceite de pescado.
- El modelo de gestión de mantenimiento mejoró la confiabilidad logrando un incremento de 27.739 horas. Además, la estrategia que se utiliza es el cambio de modelo de gestión mediante la aplicación de instrumentos tecnológicos realizando la predicción de cuándo ocurrirá la siguiente falla, el método se asocia al MTBF ya que este indicador muestra cuan confiable es el equipo durante la operación, esto quiere decir que ante un indicador de alto valor estaríamos frente a un equipo más confiable mientras que si estuviéramos ante un valor bajo

estaríamos frente a un equipo no confiable con tendencia a fallar constantemente. Dentro del análisis se obtuvo los resultados para el MTBF inicial y MTBF final de 19.946 horas y 47.685 horas respectivamente. Ello es muy representativo para este tipo de para este tipo de equipos dentro de la pesquera y que también logra aportar para un mayor tiempo de operación y por tanto mayor producción de tonelaje de elaboración de harina y aceite de pescado.

VIII.RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Jefatura del área de Mantenimiento y Producción de la empresa implementar un plan de capacitación al personal operario en las temporadas de veda y posteriormente el Mantenimiento Autónomo, con la finalidad de que cada uno de ellos conozca más a profundidad sus equipos, esto ayudará a los operadores para que realicen sus actividades rutinarias, tales como la limpieza de los componentes y lubricación de los mismos, de la misma manera el operador pueda indicar el modo de falla de su equipo al área de mantenimiento, esto incrementará la disponibilidad de los equipos de la planta pesquera.
- Se recomienda a la Jefatura del área de Mantenimiento de la empresa evaluar la implementación de las 5S en el taller de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico, de igual manera gestionar un CAPEX de equipos de precisión para adquirir herramientas mecánicas con equipamiento hidráulico y de precisión, esto a fin de optimizar los tiempos ante una falla ocurrida en producción e incrementar la mantenibilidad de los equipos de la planta pesquera.
- Se recomienda a la Jefatura del área de Mantenimiento de la empresa gestionar un CAPEX de equipos de predictivos, para adquirir herramientas mecánicas y eléctricas inteligentes tales como, cámaras termográficas, analizadores de vibración, analizadores de motores y variadores, sensores de monitoreo 4.0, entre otros con la finalidad de incrementar la confiabilidad de los equipos de la planta pesquera, prediciendo de una manera más exacta cuándo ocurrirá una posible avería y se pueda programar la intervención del equipo antes de que ocurra la falla. Con ello se tendrá una mejoría sustancial en la confiabilidad.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. MARTINS, L; PIMENTEL, C. Mejora de la gestión del mantenimiento preventivo en una empresa de soluciones energéticas - Portugal. 30th Conferencia Internacional sobre automatización flexible y fabricación inteligente (FAIM2021), ISSN-e 2351-9789, Vol. 51, 2020, Páginas 1551-1558. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920320874>
2. PÉREZ, Feliz Antonio. Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Bucaramanga - Colombia: Ediciones USTA, 2021. ISBN: 978-958-8477-92-3. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33276>
3. Sociedad Nacional de Pesquería, Memorias anuales, [en línea], 2020 [fecha de consulta: 10/03/2024]. Disponible en: <https://snp.org.pe/sala-de-prensa/memorias-anuales/>
4. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Producción pesquera y acuícola total, [en línea], 2020 [fecha de consulta: 18/03/2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/home/en>
5. FLUISA, Mantenimiento Preventivo en Equipos Industriales: Reduzca costos en Perú, [en línea], 2023 [fecha de consulta: 14/03/2024]. Disponible en: <https://fluisa.com/mantenimiento-preventivo-en-equipos-industriales-reduzca-costos-en-peru/>
6. Diario Gestión, Mas del 86% de las empresas en Perú ya están tercerizando sus servicios, [en línea], 2019 [fecha de consulta: 04/03/2024]. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/mas-de-86-de-las-empresas-en-peru-ya-estan-tercerizando-sus-servicios-noticia/>
7. DA SILVA, Lucas. La importancia e implementación de índices e indicadores de equipos eléctricos en gestión de mantenimiento. Tesis [Ingeniero Electricista]. Brasil: Facultad de Ingeniería Eléctrica del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Goiás, 2020. 130 pp. <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/853>
8. MOLINA, José Luis. Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable en Tixán Etapa EP "Modulo II". Tesis

[Maestría en Gestión de Mantenimiento]. Ecuador: Departamento de Posgrado de la Universidad del Azuay, 2020. 12 pp.
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10479>

9. GASCA, Maira; CAMARGO, Luis; MEDINA, Byron; Revista Espacios – Colombia. Gestión del mantenimiento para la confiabilidad operacional, ISSN: 0798 – 1015, Vol. 41, 2020, Páginas 250-261.
<https://www.revistaespacios.com/a20v41n47/a20v41n47p18.pdf>

10. LESCANO, Lisandro Elías. Metodología de mejora de la gestión de mantenimientos para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wartsila Ingd16v32 ubicados en la central de generación secoya. Tesis [Maestría en Gestión del Mantenimiento Industrial]. Ecuador: Instituto de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018. 127 pp.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8379>

11. RIEGO, Adriel. Desarrollo y aplicación de un modelo predictivo, para gestión de mantenimiento en subestaciones de distribución de energía eléctrica en redes de media tensión. Tesis [Maestría en Ingeniería]. México: Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2018. 136 pp.
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/3543785>

12. OYOLA, Jonathan; CASTILLO, Azul Steve. Gestión del plan de mantenimiento preventivo basado en la administración del backlog y su influencia en la disponibilidad de los equipos eléctricos en la empresa minera Nexa S.A. Unidad Pasco – 2022. Tesis [Maestría en Gerencia de Mantenimiento]. Callao: Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, 2023. 117 pp.
<https://hdl.handle.net/20.500.12952/8142>

13. VALDIVIESO, Jhenifer Wendy; FERNANDEZ, Manuel Geancarlos. Gestión del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del equipo separadora ambiental en una empresa pesquera. Tesis [Ingeniero Industrial]. Chimbote: Escuela de Pregrado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad César Vallejo, 2023. 76 pp.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/130605>

14. DE LA CRUZ, Frank Giancarlo; ARATA, Piero Humberto. Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en equipos críticos en una planta de producción de harina y aceite de pescado - Callao - 2021. Tesis [Ingeniero Mecánico]. Callao: Escuela de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, 2021. 152 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/6860>
15. GONZALES, Jorge Eduardo. Gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el área mecánica de la empresa Guvi Servis E.I.R.L., 2020. Tesis [Ingeniero Industrial]. Chiclayo: Escuela de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Señor de Sipán, 2020. 95 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7588>
16. ALDANA, César Román. Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A. Tesis [Maestría en Gerencia de Mantenimiento]. Callao: Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, 2019. 109 pp. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/4374>
17. RASHUAMÁN, Ricardo. Modelo de gestión de mantenimiento para el incremento de disponibilidad de las máquinas en una planta de fabricación de bombas centrífugas. Tesis [Maestría en Gerencia de Mantenimiento]. Callao: Escuela de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, 2019. 165 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/4405>
18. Subcomité SAE G11 Reliability Centered Maintenance. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad [en línea]. USA: NORMA SAE JA1011, 1999 [fecha de consulta: 15 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/378923523/356073812-SAE-JA1011-enEspanol-pdf#>
19. RAE [Real Academia Española]. Diccionario de la lengua española, edición del tricentenario [en línea], 2022 [fecha de consulta: 17 de abril del 2024]. Disponible en: <https://dle.rae.es/diagnosticar>

20. MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – North Carolina, USA. Segunda Edición, ISBN 09539603-2-3, 1997 [fecha de consulta: 05 de febrero del 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/399048691/1-Libro-RCM-J-Moubray-pdf>
21. SALDAÑA, Anthony Dennis. Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo – Minera Yanacocha. Tesis [Ingeniero de Minas]. Lima: Escuela de Pregrado de la Facultad de Ingeniería geológica, minera y metalúrgica de la Universidad Nacional del Ingeniería, 2013. 247 pp. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/1150>
22. HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la Investigación. Sexta edición. México D.F.: McGraw-Hill Educación, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
23. FLORES, Carol; GASTELU, Yumira; RÍOS, Kenny. Gestión de mantenimiento preventivo. Revista de ingeniería industrial [en línea]. Lima: Universidad de Lima, 2013. [Fecha de última consulta: 10 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337450992001>

X. ANEXOS

- Matriz de consistencia.
- Instrumentos validados.
- Muestra de los indicadores de gestión para su análisis en la prueba de hipótesis utilizando el software SPSS v27.

Matriz de consistencia

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN UNA PLANTA PESQUERA							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGIA	TECNICAS E INSTRUMENTOS
GENERAL			VARIABLE INDEPENDIENTE	Función	Funciones identificadas.	TIPO: Cuantitativo	El proceso donde el equipo está involucrado.
¿De qué manera el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera?	Determinar como el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera.	El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de equipos en una planta pesquera.		Fallas funcionales	Estados de falla	DISEÑO: Pre experimental	Cantidad de fallas funcionales potenciales en un equipo.
				Modos de falla	Número de modos de falla.	NIVEL: Correlacional	Cantidad de modos de falla.
				Efectos de la falla	Efecto producido por la falla.	POBLACION: 50 equipos de la Planta Pesquera.	Pérdida de la calidad de producción del equipo. Cuantificación de perdida por una falla.
				Consecuencia de las fallas	Número de categoría de falla.	MUESTRA: 21 equipos de la Planta Pesquera tomados al azar.	Número de tareas dentro del plan de mantenimiento de un equipo.
				Tareas proactivas e intervalos de tarea	Número de tareas proactivas.		Número de tareas implícitas
			Acciones implícitas	Número de acciones implícitas			
ESPECIFICOS			VARIABLE DEPENDIENTE	Confiability	Tiempo medio de reparación. MTTR = (Tiempo total de mantenimiento correctivo durante un determinado periodo por el número de acciones de mantenimiento correctivo realizadas)	Registro de tiempo de duración de las reparaciones después de una falla. Entrevista y evaluación técnica.	
¿De qué manera el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera?	Determinar como el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera.	El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la mantenibilidad de equipos en una planta pesquera.		Mantenibilidad	Tiempo medio entre fallas MTBF = (Tiempo Total Disponible – Tiempo de inactividad) / Número de Paradas	Registro de tiempo de entre fallas en un mismo equipo. Registro de fallas	
¿De qué manera el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera?	Determinar como el modelo de gestión de mantenimiento incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera.	El modelo de gestión de mantenimiento incrementa la confiabilidad de equipos en una planta pesquera.					

Entorno del software SAP PM de donde se extrajeron los datos históricos de tiempos entre fallas y reparación.

Plan de mantenimiento preventivo Iratar Pasara Detalles Entorno Sistema Ayuda

Crear plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia

Plan mant.prev. PLAN MP MOTOR DIESEL CAT 4445 - 4

Cab.plan mant.

Ciclos plan de mantenimiento 17.09.2013 Parám.programación plan mantenimiento Datos adicionales pl...

Ciclo	Unidad	Texto ciclo mantenimiento	Offset
1 MON		MP CADA 1 MESES	0
3 MON		MP CADA 3 MESES	0
12 MON		MP CADA 12 MESES	0

Posición Emplazamiento posición Ciclos posición 17.09.2013

Posición PM PLAN MP MOTOR DIESEL CAT 4445 ...

Objeto de referencia

Ubic.téc. AG09-B02 ALEJO

Equipo 10000016 MOTOR DIESEL - GRUPO ELECTROGENO Er

Conjunto

Datos de planificación

Centro planif. AG09 Centro Flota AG Grupo planif. B02 Alejo

Clase de aviso A5 Aviso de Inversión Prioridad

Pto.tbjo.resp. T-MEC001 / AG09 TALLER MECANICO

Documento venta /

Determinar medidas

Hoja de ruta para mantenimiento

Ip.	GrHruta	CGrHR	Descripción
/	/	/	

Orden Iratar Pasara Detalles Entorno Sistema Ayuda

Modif.Orden Mant. Correctivo 400026: Resumen operaciones

Cierre comercial

Orden OM01 400026 REVISION DE ARRANCADOR DE GENERADOR

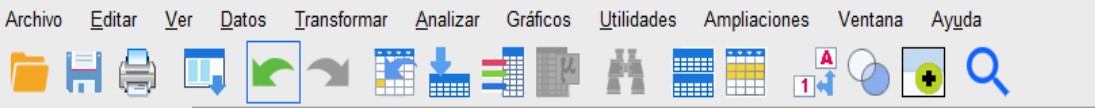
Stat.sist. LIB. DMV FENA FREC APRO

Datos cab. Oper. Componentes Costes Objetos Datos adic. Emplaz. Planific. Control

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce...	Cl...	Cv.mod	E.	Txt.br.v.operación	TE	Trabajo real	Trabajo	Un	C...	Dur.	Un	CvCá	QAct
0010		T-MEC001	AG09	PM01			CAMBIO DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO		0	2H	2		1H		Calcular dur..	CAM001
0020		T-EXT001	AG09	PM03			CAMBIO DE RELAY DE ARRANCADOR		0	0H					Calcular dur..	
0030		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0040		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0050		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0060		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0070		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0080		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0090		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0100		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0110		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0120		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0130		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			
0140		T-MEC001	AG09	PM01					0	H			H			

General Pr. Ext. Fechas Dat.real Ampliación Fact.ejec. Catal.

Muestra de los indicadores de gestión para su análisis en la prueba de hipótesis utilizando el software SPSS v27



18 :

	MTBFINICIAL	MTBFFINAL	MTRINICIAL	MTRFINAL	DISPINICIAL	DISPFINAL	var
1	975,00	2824,00	144,00	3,00	87,15	90,40	
2	2272,00	.	666,00	.	77,34	.	
3	1995,00	.	647,00	.	75,51	.	
4	2018,00	513,00	431,00	443,00	82,40	92,06	
5	1817,00	5105,00	53,00	536,00	77,41	90,50	
6	2055,00	603,00	548,00	644,00	78,93	90,35	
7	2111,00	.	671,00	.	75,88	.	
8	2102,00	.	591,00	.	78,05	.	
9	2201,00	.	556,00	.	79,83	.	
10	2015,00	5673,00	596,00	628,00	77,18	90,03	
11	1721,00	4372,00	492,00	613,00	77,78	87,71	
12	2654,00	4247,00	494,00	534,00	84,31	88,84	
13							