

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO CENTRADA EN LA CONFIABILIDAD
(RCM) PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD Y
CONFIABILIDAD DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE
LA EMPRESA CONSORCIO NAVAL E INDUSTRIAL S.A.C.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título

profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Jorge Armando Sayre Llana

Asesor:

Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez
<https://orcid.org/0000-0002-1289-1221>

Lima - Perú

INFORME DE SIMILITUD

visualizar los documentos

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 19-jun-2023 12:30 -05

Identificador: 2119173770

Número de palabras: 15367

Entregado: 1

TS- Jorge Sayre Por Jorge Sayre

Similitud según fuente	
Índice de similitud	
15%	
Internet Sources:	10%
Publicaciones:	14%
Trabajos del estudiante:	8%

excluir citas	Excluir bibliografía	excluir las coincidencias menores	modo: <input type="button" value="ver informe en vista quickview (vista clásica)"/>	<input type="button" value="imprimir"/>	<input type="button" value="actualizar"/>	<input type="button" value="descargar"/>
7% match (trabajos de los estudiantes desde 03-ago.-2020)						
Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru on 2020-08-03						
2% match ()						
Casas Aguirre, Luis. "Elaboración de plan de mantenimiento eléctrico preventivo aplicado a los grupos electrógenos de la empresa ADEPROSAC San Isidro 2019", Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2019						
1% match ()						
Berzuetza Valladolid, Jazmin Elizabeth. "Development of a reliability-based maintenance plan to improve the availability levels of equipment in the mechanical workshop of the Gonzalo Pizarro Municipal Government", Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica, 2021						
1% match (trabajos de los estudiantes desde 03-may.-2023)						
Submitted to Universidad Privada del Norte on 2023-05-03						
1% match (trabajos de los estudiantes desde 18-may.-2021)						
Submitted to Universidad Católica de Santa María on 2021-05-18						
1% match (Edison Javier Alvarado-Betancourt, Luis Felipe Sabando-Piguabe. "Sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua empresa DIALILIFE", Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 2021)						
Edison Javier Alvarado-Betancourt, Luis Felipe Sabando-Piguabe. "Sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua empresa DIALILIFE", Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 2021						
<1% match (trabajos de los estudiantes desde 05-mar.-2023)						
Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru on 2023-03-05						
<1% match (publicaciones)						
Hernández García Carlos Alberto. "Guía de mantenimiento para obtener eficiencia energética y prolongar la vida útil en plantas industriales", TESIUNAM, 2015						
<1% match (publicaciones)						
SGS DEL PERU S.A.C., "PAMA de la Empresa Servicio Industrial de la Marina - Sima Callao-IGA0015309", Oficio N° 685-2003-PRODUCE/VMI/DNI-DIMA, 2021						
<1% match (publicaciones)						
SGS DEL PERU S.A.C., "PAMA de la Empresa Servicio Industrial de la Marina - Sima Callao-IGA0015309", Oficio N° 685-2003-PRODUCE/VMI/DNI-DIMA, 2021						
<1% match (publicaciones)						
SGS DEL PERU S.A.C., "PAMA de la Empresa Servicio Industrial de la Marina - Sima Callao-IGA0015309", Oficio N° 685-2003-PRODUCE/VMI/DNI-DIMA, 2021						
<1% match (publicaciones)						
Romero Mora Brenda Monserrat. "Análisis proactivo del riesgo en la fabricación de suspensiones orales", TESIUNAM, 2018						

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación va dedicado a mis queridos padres que son lo más importante en mi vida, por guiarme siempre por el camino del bien, motivándome día tras día a pesar de las dificultades y adversidades de la vida.

A mis hermanos menores, que me consideran un ejemplo para luchar y lograr lo que uno se propone a pesar de las situaciones y dificultades que se presentan en la vida.

A mi prestigiosa universidad y profesores, por brindarme todas las herramientas y conocimientos para poder elaborar este proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a dios por permitirme llegar a este gran momento, a mi asesor el Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez que gracias a su experiencia fue un gran guía para la elaboración de este proyecto de investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

INFORME DE SIMILITUD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
TABLA DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN EJECUTIVO	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Descripción de la empresa	13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	26
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	45
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	90
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
REFERENCIAS	99
ANEXOS	103
.....	103
.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales clientes	17
Tabla 2 Equipos electrógenos con problemas de disponibilidad antes de implementar el RCM	47
Tabla 3 Gráfico de disponibilidad y confiabilidad antes de implementar el RCM.....	47
Tabla 4 Causas de Fallas de los grupos electrógenos	56
Tabla 5 Porcentaje de causas de fallas	56
Tabla 6 Casusas principales de fallas de los grupos electrógenos	59
Tabla 7 Factores de evaluación para las alternativas de métodos de mantenimiento	62
Tabla 8 Conociendo los factores de evaluación se determinó una escala de calificación	62
Tabla 9 Factores de evaluación	63
Tabla 10 Funciones de los componentes de los grupos electrógenos	65
Tabla 11 Criterios para la evaluación de la criticidad.....	67
Tabla 12 Consecuencia y frecuencias para el RCM	68
Tabla 13 Resultado de análisis de criticidad.....	69
Tabla 14 Análisis AMEF-hoja de información RCM para el motor diésel	74
Tabla 15 Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el motor diésel	75
Tabla 16 Análisis AMEF-hoja de información RCM para el sistema de refrigeración.....	76
Tabla 17 Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el sistema de refrigeración	78
Tabla 18 Análisis AMEF-hoja de información RCM para el sistema eléctrico del motor	80
Tabla 19 Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el sistema eléctrico del motor	81
Tabla 20 Análisis AMEF-hoja de información RCM para el sistema de combustible.....	82
Tabla 21 Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el sistema de combustible	83
Tabla 22 Análisis AMEF-hoja de información RCM para el sistema de lubricación	84
Tabla 23 Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el sistema de lubricación.....	85
Tabla 24 Elaboración del nuevo plan de mantenimiento.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Logo Consorcio Naval E Industrial S.A.C.....	14
Figura 2	Organigrama general Consorcio Naval e Industrial S.A.C.	16
Figura 3	Proyecto de Modernización de Unidades Submarinas de la Marina de Guerra del Perú.....	19
Figura 4	Proyecto de Modernización de Buques de la Marina de Guerra del Perú.....	19
Figura 5	Trabajo de Soldadura	20
Figura 6	Rubro Industrial.....	20
Figura 7	Trabajo de maestranza.....	21
Figura 8	Evolución de la Metodología de Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad (RCM).....	22
Figura 9	Producción metálica del Perú periodo 2021-2022	23
Figura 10	Fases de funcionamiento del grupo electrógeno	34
Figura 11	Fases de funcionamiento del grupo electrógeno	35
Figura 12	Funcionamiento de un grupo electrógeno	36
Figura 13	Grupo Electrónico Estacionario	37
Figura 14	Grupo Electrónico portátil.....	37
Figura 15	Interrogantes para cumplir un proceso RCM.....	40
Figura 16	Diagrama de Ishikawa	44
Figura 17	Promedio de disponibilidad por año de los grupos electrógenos	48
Figura 18	Promedio de confiabilidad por año de los grupos electrógenos	48
Figura 19	Inspección de los grupos electrógenos por personal de mantenimiento	49
Figura 20	Rectificación de culata por presentar picaduras	50
Figura 21	Bruñido de monoblock	50
Figura 22	Limpieza y Descarbonizado de Pistones	51
Figura 23	Prueba hidrostática de radiador y reemplazo del mismo.....	51
Figura 24	Reemplazo de empaque de bomba de agua.....	52
Figura 25	Limpieza y pulverizado de sistema eléctrico y barnizado del generador.....	53
Figura 26	Reemplazo de manómetro nivel de combustible filtro de combustible	53
Figura 27	Limpieza de tanque de combustible y tuberías	54

Figura 28	Reemplazo de bomba de aceite	54
Figura 29	Diagrama de Ishikawa	58
Figura 30	Diagrama de Pareto	60
Figura 31	Escala de calificación para determinar el tipo de metodología de mantenimiento a implementar	64
Figura 32	Sistemas Críticos de los Grupos Electrógenos	70
Figura 33	Análisis del modo efecto y falla (AMEF)	71
Figura 34	Análisis AMEF-Hoja de información de RCM.....	72
Figura 35	Análisis AMEF-Hoja de decisiones del RCM	73
Figura 36	Puntos críticos de la disponibilidad de los grupos electrógenos durante el periodo de julio 2021 a julio 22	91
Figura 37	Confiabilidad de los grupos electrógenos	92
Figura 38	Disponibilidad vrs Tiempo no Disponible de los Grupos Electrógenos	93
Figura 39	Resultado de la disponibilidad de los grupos electrógenos	94
Figura 40	Resultado del indicador de la confiabilidad	95
Figura 41	Resultado disponibilidad vrs tiempo no disponible	96

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Ecuación de la disponibilidad	42
Ecuación 2	Ecuación confiabilidad.....	42
Ecuación 3	Ecuación tiempo medio entre fallas	43
Ecuación 4	Ecuación criticidad total.....	66
Ecuación 5	Frecuencia de falla	66

RESUMEN EJECUTIVO

En la elaboración de mi trabajo de investigación tiene la finalidad de implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos en la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

En la actualidad la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C. posee grupos electrógenos que presentan baja disponibilidad y confiabilidad debido a que no se efectúa un mantenimiento adecuado lo cual no permite identificar los diferentes problemas y fallos que puedan producirse al momento de la ejecución de dichas maquinas generando costos excesivos en su reparación y retraso en la producción por paradas no programadas.

Con el fin de conocer y diagnosticar el porqué de la baja disponibilidad y confiabilidad el departamento de mantenimiento de la empresa Consorcio Naval S.A.C. utilizo varias herramientas que permitió identificar las diferentes causas de raíz, se realizó el diagrama de Pareto y de Ishikawa. Luego se identificaron los sistemas y componentes críticos utilizando el análisis de criticidad, posteriormente se realizó el método AMEF (análisis de modo y efecto de fallas) esta herramienta nos permitió detectar los problemas potenciales y sus efectos dentro del diseño de los grupos electrógenos.

Finalmente se decidió mejorar el plan de mantenimiento actual utilizando la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM, que gracias a sus diversas herramientas tales como el análisis de criticidad y el método AMEF nos permite identificar, analizar, y tomar mejores decisiones, dicha metodología servirá de gran aporte a la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C. o para cualquier otra empresa.

Al implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM se observó una mejora en la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos, el promedio de la disponibilidad tuvo un incremento de 67 % a 92 %, con respecto a la confiabilidad, permitió que el tiempo medio entre averías (MTBF) incremente de 132 horas a 242 horas.

PALABRAS CLAVES: Grupo electrógeno, confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento RCM, análisis de criticidad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la provincia constitucional del callao existen pocas empresas que se dedican al rubro de mantenimiento y reparación de motores navales y equipos industriales, lo cual no satisfacen las necesidades más inmediatas de los clientes ya que la demanda es mayor que la oferta, esto implica que surja la necesidad de realizar mejoras en la gestión de mantenimiento en las empresas, por ello, es importante brindar un plan de mantenimiento en el campo de la ingeniería a nivel industrial, por esta razón el departamento de mantenimiento busca métodos y técnicas para la obtención de objetivos claves en busca de mejorar la disponibilidad de los equipos y aumentar la confiabilidad de estos y reducir la tasa de fallos, teniendo en cuenta el costo beneficio de las tareas de mantenimiento.

El cuidado de los equipos y su respectivo mantenimiento tiene uno de los mayores costos operativos que deben ser controlados y supervisados, por tal motivo el presente trabajo tiene la finalidad de implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para optimizar los procesos con el mínimo coste de mantenibilidad pero con altos niveles de disponibilidad, seguridad, cuidado al medio ambiente la cual el objetivo es ganar un valor activo con su mayor prolongación de vida útil.

Cabe resaltar que la implementación de la metodología centrada en la confiabilidad (RCM) es una estrategia para mejorar la gestión y mantenimiento, aplicable a toda máquina obteniendo como resultado la reducción del impacto de las averías.

En nuestro país actualmente hablar de RCM es algo novedoso aun, ya que, no todas las empresas tienen esta herramienta implementada en sus sistemas operativos y administrativos como relata (lopez, 2019) , La importancia de contar con un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es garantizar el buen funcionamiento de los equipos tratando de alargar la vida útil de los equipos de forma rentable para el usuario, la integridad física de

los operarios que es el recurso humano, para poder tener un crecimiento continuo y sostenible en el tiempo.

El presente trabajo tiene la finalidad de implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM), para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de equipos, esta metodología aporta una estrategia de tal modo que si se aplica correctamente es capaz de transformar las relaciones existentes entre los activos, el personal encargado de operarios y el encargado de mantenerlos. La investigación va orientada a la mejora de la confiabilidad y disponibilidad de los grupos electrógenos de la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C. que actualmente presentan problemas por falta de un plan de mantenimiento, ocasionando costos excesivos en reparaciones por fallos imprevistos, adicionalmente se desembolsa dinero extra en compra de repuestos para las reparaciones motivo por el cual ha generado preocupación en la empresa, el cual se ha determinado que las fallas son originadas porque el mantenimiento actual es deficiente, esta investigación busca proponer herramientas de mejora y lograr un impacto positivo en la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos.

1.1. Descripción de la empresa

CONSORCIO NAVAL E INDUSTRIAL S.A.C. es una empresa familiar que fue creada e inicio sus actividades el 12 de mayo del 2007, con años de trayectoria y experiencia en la ciudad de lima, cuyo objetivo primordial es expandirse en el mercado para llegar a ser una empresa líder en su sector, así como satisfacer a sus clientes y contribuir en el bienestar Y salud de las personas. Ubicado en el departamento constitucional del callao urbanización la colonial av. virrey conde de Lemos nro. 427 int3.

La empresa brinda a las entidades e instituciones públicas y privadas, los servicios de mantenimiento y reparación de: motores diésel, grupos electrógenos, equipos y componentes de sistemas auxiliares, trabajos en maestranza, trabajos de calderería en general y soldaduras especiales, mantenimiento y bobinado de motores de corriente continua y corriente alterna como también sistemas eléctricos. Asimismo, ofrece la venta y suministros de bienes para equipos y sistemas de ingeniería, sistemas eléctricos y electrónicos de uso naval e industrial.

Logo de la empresa

Figura 1

Logo Consorcio Naval E Industrial S.A.C.



Fuente: *Consorcio Naval E Industrial S.A.C.*

1.1.1 Misión

Somos una entidad encargada de brindar el servicio de inspección, mantenimiento y reparación de equipos de tipo mecánico y eléctrico relacionados al rubro naval e industrial, brindando un servicio de calidad y logrando la satisfacción de nuestros clientes.

1.1.2 Visión

Llegar a ser la entidad líder en brindar el servicio de inspección, mantenimiento y reparación de equipos de tipo mecánico y eléctrico relacionados al rubro naval e industrial, en base al apoyo y desempeño eficiente de nuestros colaboradores, comprometiéndonos siempre a brindar un servicio de calidad y confiabilidad a nuestros clientes.

1.1.3 Valores

- ✓ **Compromiso:** empresa comprometida con sus objetivos y el desarrollo de los colaboradores, actuando de manera responsable en el cumplimiento con nuestros compromisos.
- ✓ **Excelencia al servicio:** Trabajamos para lograr la eficiencia en nuestros procesos creando mayor valor y así satisfacer a nuestros clientes mediante el servicio brindado con el enfoque del mejoramiento continuo.
- ✓ **Integración:** Buscamos la unión y fomentamos el trabajo en equipo con el objetivo de cumplir las metas de la organización.
- ✓ **Integridad:** Actuamos de manera consecuente, basados en principios éticos, en base a la rectitud y honradez. Asimismo, respetamos la diversidad de opiniones y creencias.

1.1.4 Los principios, bajo los que actúan el personal de CONSORCIO NAVAL INDUSTRIAL SAC

- ✓ **Eficiencia:** Actuamos con eficiencia y vocación de servicio al cliente, generando valor para nuestra empresa, los ciudadanos y el país. Encaminamos todas nuestras acciones al logro de nuestros objetivos, optimizando el uso de recursos.

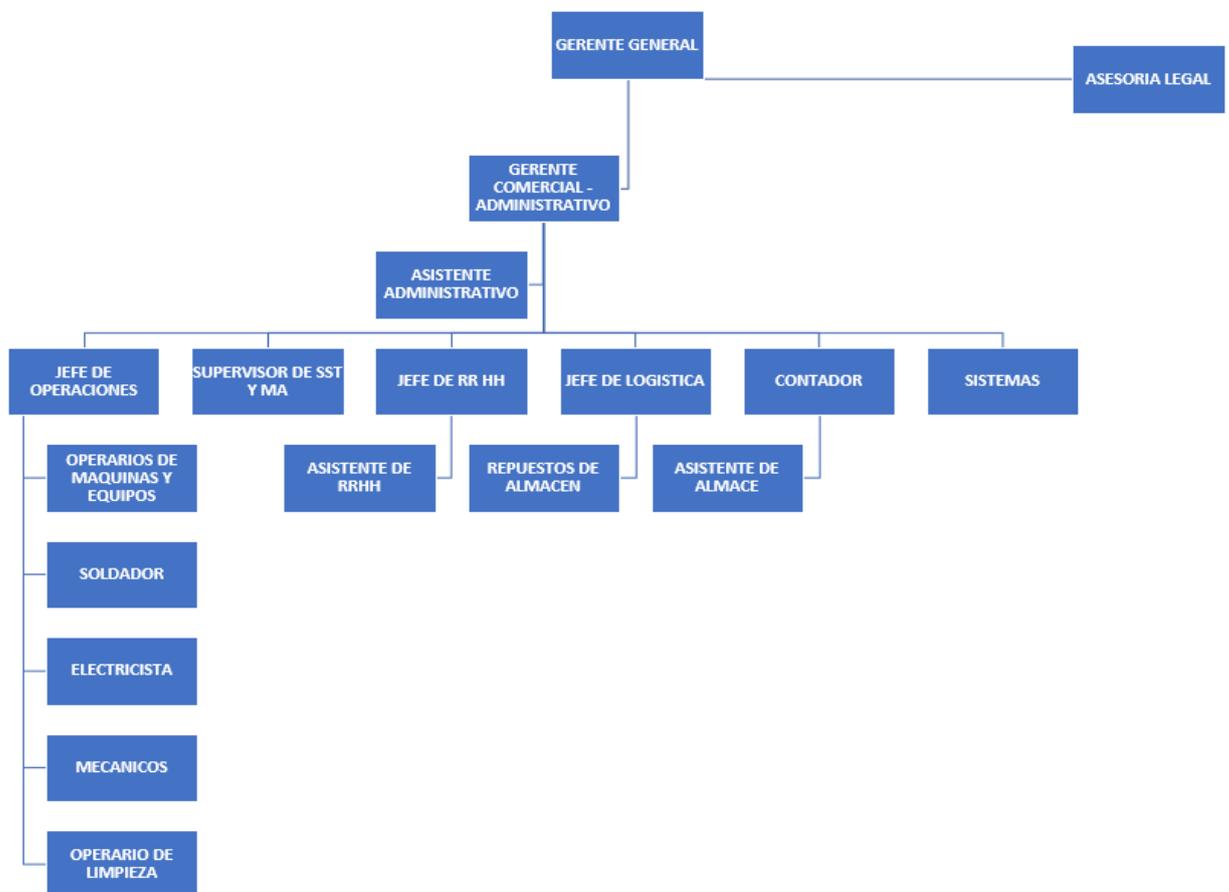
Implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos de la empresa CONSORCIO NAVAL e INDUSTRIAL S.A.C.

- ✓ **Transparencia:** Somos honestos y transmitimos a la sociedad información de la gestión de forma veraz y oportuna.
- ✓ **Competitividad:** Capacidad de generar ventajas competitivas que permita ocupar sostener una posición destacada respecto a los competidores.
- ✓ **Responsabilidad:** Ser consiente sobre las consecuencias de los actos que hacemos o dejamos de hacer.

1.1.5 Organigrama

Figura 2

Organigrama general Consorcio Naval e Industrial S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia.

1.1.6 Clientes

Nuestros principales clientes se encuentran en el rubro industrial y entidades del estado

Tabla 1

Principales clientes

<u>Ítem</u>	<u>Clientes</u>	<u>Ubicación</u>
1	Servicio Industrial de la Marina SIMA	Av. Contralmirante Mora 1102, Callao 07021.
2	Marina de guerra del Perú	Av. Contralmirante Mora 1102, Callao 07021
3	Cosmos Agencia Marítima S.A.C.	Jr. Mariscal Miller, Miller 450, Callao
4	Autoridad Portuaria Nacional	Av. Sta. Rosa 135, La Perla 07011
5	Dirección de Hidrografía del Perú	Calle Roca 118, Chucuito, Callao
6	Austral Grupo S.A.A.	real 1, Centro Empresarial Real, Av. Víctor Andrés Belaúnde 147, Lima
7	Svitzer B.V.	Av. Álvarez Calderón 181, San Isidro 15073
8	Dirección General de Capitanías y Guardacostas	Independencia 102, Callao 07021

Fuente: Elaboración propia

1.1.7 Actividades especializadas

Motores diésel y grupos electrógenos:

- ✓ Instalación de motores diésel
- ✓ Instalación de grupos electrógenos.
- ✓ Reparación y/o mantenimiento productivo total
- ✓ Automatización de sistemas de seguridad.

Equipos y sistemas eléctricos:

- ✓ Mantenimiento y bobinado de motores eléctricos de corriente continua y corriente alterna.
- ✓ Mantenimiento de tableros eléctricos.

- ✓ Automatizaciones de equipos eléctricos y electrónicos.
- ✓ Trabajos e instalaciones eléctricas de media y baja tensión
- ✓ Instalación, implementación y mantenimiento de pozos a tierra

Maquinas industriales:

- ✓ Reparación y mantenimiento de: compresores de aire de alta y baja, sistemas frigoríficos y de aire acondicionado, motobombas, electrobombas de agua, bombas sumergibles.

Sistemas auxiliares:

- ✓ Instalación, mantenimiento y reparación de válvulas de todo tipo
- ✓ Mantenimiento y reparación de equipos y sistemas auxiliares en general

Calderería

- ✓ Fabricación de estructuras en planchas de diferentes medidas
- ✓ Reparación, mantenimiento y fabricación de líneas de tuberías
- ✓ Fabricación de tanques de estructura metálica
- ✓ Fabricación de bases, roldanas, cáncamos, en diferentes medidas
- ✓ Servicio de soldadura en fierro, aluminio, bronce
- ✓ Reparaciones de planchas en cubierta
- ✓ Fabricación de silenciadores, ductos, etc.

Maestranza

- ✓ Fabricación de ejes lisos, bocinas, pernería especiales
- ✓ Trabajos complementarios para las reparaciones, alineamiento de equipos y maquinarias industriales

Implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos de la empresa CONSORCIO NAVAL e INDUSTRIAL S.A.C.

- ✓ Fabricación de engranajes, piñones, ranuras, ejes estriados, cepillado.
- ✓ Trabajos de matricería

1.1.8. Proyectos:

Últimos proyectos:

- **Submarinos**

Figura 3

Proyecto de Modernización de Unidades Submarinas de la Marina de Guerra del Perú



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

- **Buques**

Figura 4

Proyecto de Modernización de Buques de la Marina de Guerra del Perú



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

- **Soldadura**

Figura 5

Trabajo de Soldadura

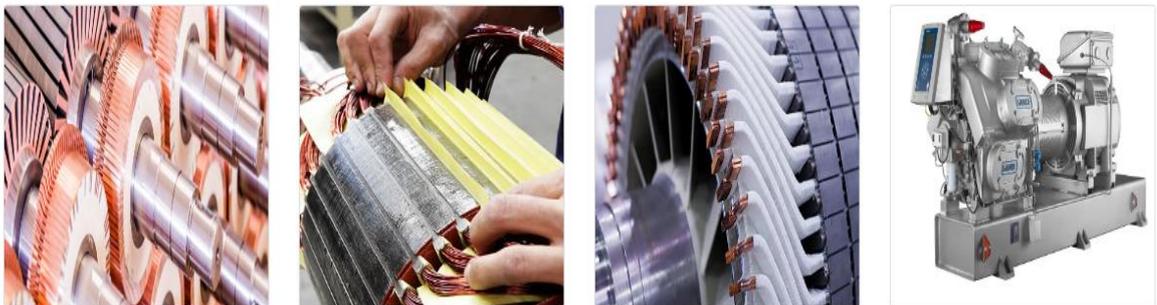


Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

- **Industria**

Figura 6

Rubro Industrial



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

- **Maestranza**

Figura 7

Trabajo de maestranza



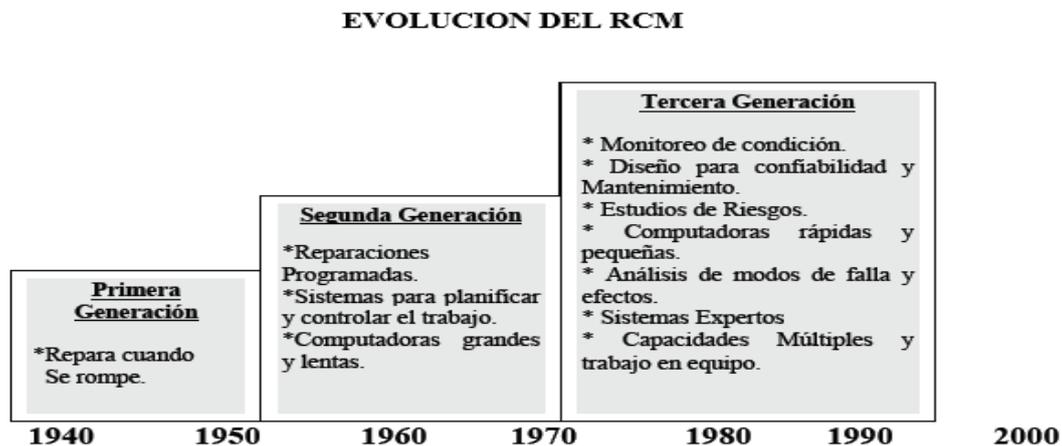
Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

1.2. Realidad problemática

El RCM ha existido aproximadamente hace 30 años, empezó con los estudios de las fallas ocurridas a las aerolíneas en los 1960 con el fin de reducir la cantidad de trabajo de mantenimiento requerido para lo que para entonces la nueva generación de grandes y amplias aeronaves ,en los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad, el mantenimiento de aeronaves ha sido el motor que ha activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento como relata . (moubray, 2004)

Figura 8

Evolución de la Metodología de Mantenimiento Centrada en la Confiabilidad (RCM)



Fuente: (moubray, 2004)

Asimismo, las empresas globalizadas, deben ser mucho más competitivas, por ende, buscan metodologías para distinguirse frente a sus competidores, herramientas que faciliten directamente el proceso productivo teniendo en cuenta sus costos y calidad, en este caso podemos hablar de una de las herramientas que evoluciono en el tiempo es el RCM que influye directamente en el monitoreo, análisis y trabajo en equipo.

Las empresas en el Perú pertenecientes al sector minería, construcción, industrial, energía, logística, agrícola entre otras, han utilizado el RCM como una herramienta para mejorar la gestión de mantenimiento y sus procesos productivos teniendo resultados favorables en la reducción de costos , mejora en la calidad de productos, cuidado al medio ambiente, disminución de tiempo muerto, capacitación al personal , esta herramientas ha permitido que

las empresas logren innovar y perfeccionar sus productos de manera continua y de esta manera no correr el riesgo de quedar en la obsolescencia.

(lopez, 2019) Señala que el Perú ha logrado posicionarse en el mundo gracias al progresivo aumento de la producción de minerales y construcción, por ello la importancia de contar con máquina de calidad que garantice los procesos de forma segura y confiable, respecto al sector minería tuvo un crecimiento respaldado por el aumento del precio del cobre la cual fue aprovechada por los principales competidores del mercado de maquinaria pesada para incrementar sus ventas según lo indica.

Figura 9

Producción metálica del Perú periodo 2021-2022



Fuente: Boletín estadístico minero 2022 ministerio de energía y minas del Perú

1.2.1. Formulación del problema

¿Cómo la implementación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) incrementara la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos en la empresa CONSORCIO NAVAL E INDUSTRIAL S.A.C.?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿cuál es la gestión actual de mantenimiento?
- ¿Cuáles son las fallas críticas que presentan los grupos electrógenos de la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C.?
- ¿Cuál es el costo de mantenimiento actual empleado en los grupos electrógenos?
- ¿Cuáles son las herramientas que actualmente se utiliza para mejorar la disponibilidad y confiabilidad operativa de los grupos electrógenos?
- ¿Cuál es la metodología para la implementación de sistema de gestión de mantenimiento para la toma de decisiones?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación practica

El presente estudio busca implementar la metodología RCM que permita mejorar la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos permitiendo que trabajen al 90% de su capacidad operativa, evitando paradas no programadas por fallas imprevistas y costos excesivos en reparación.

1.3.2. Justificación académica

Esta investigación busca demostrar que la implementación de la metodología centrada en la confiabilidad RCM es favorable para el incremento en la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos. Además, este estudio servirá de referencia para otras empresas que busquen incrementar la disponibilidad y confiabilidad de sus equipos. Asimismo, este trabajo de investigación servirá como apoyo a los estudiantes de la carrera de ingeniería para realizar trabajos similares.

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógeno de la empresa CONSORCIO NAVAL E INDUSTRIAL S.A.C.

1.4.2. Objetivo específico

- Diagnosticar el estado actual de la gestión de mantenimiento.
- Evaluar las fallas críticas de los grupos electrógenos.
- Minimizar costos de mantenimiento de los grupos electrógenos.
- Diseñar herramientas que permita incrementar la disponibilidad y confiabilidad operativa de los grupos electrógenos.
- Diseñar herramientas metodológicas que permita planificar estrategias para mejorar la toma decisiones

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

(roberto, 2020) .En su tesis titulada Desarrollo del RCM en equipo crítico planta Molí COP CHILE, presentada en el 2020 en la universidad Andrés bello, para optar el título profesional de ingeniero industrial, tuvo como objetivo principal implementar la metodología RCM en los equipos críticos de horno de inducción de línea de forja Nro. 6 De MOLYCOP CHILE, con la finalidad de incrementar la confiabilidad de la línea de producción, teniendo en cuenta que es mucho más barato prevenir una falla en un equipo crítico que la reparación, ya que una parada no programada es sinónimo de desperdicio de materia prima, cambio de repuesto no planificados, hora máquina, hora hombre y lo más grave el incumplimiento de la entrega de un pedido.

El autor concluyo que al ejecutar la metodología RCM para el horno de inducción de la línea F6 las actividades asociadas a preventivo son un 83% del costo de la mantención y el 17% a predictivo, también se observó que los indicadores de mantenimiento MTTR y MTBF a través del mantenimiento implementado tuvo un buen indicador asociado al tiempo de reparación.

Asimismo, señala que esta estrategia de utilizar el RCM permite tener un criterio para programar las actividades de mantenimiento donde se debe asignar tiempos y recursos los cuales siempre son limitados

(atencia montes lina marcela, 2021) .En su tesis titulada Planteamiento de actividades y procedimientos de mantenimiento en equipos biomédicos con base en análisis RCM , presentada en el 2021 en la universidad de Antioquia chile ,para optar el título profesional de especialista en gerencia de mantenimiento, tuvo como objetivo principal plantear procedimientos de mantenimiento en equipos biomédicos teniendo como base la

metodología RCM el cual puede ser implementada en sectores industriales , instituciones prestadoras de salud como es el caso con el fin de disminuir y mitigar fallas en los equipos biomédicos.

Mediantes las actividades implementadas también se buscó mejorar el proceso de gestión de equipos biomédicos planificando metodologías mediante un mantenimiento centrado en la confiabilidad que contribuyen en la identificación de aquellas fallas más comunes.

Los autores al plantear el análisis RCM encontraron falencias por ello se propone ajustar el plan de mantenimiento existente dentro de la institución prestadora de servicios de salud para el PET-CT siendo este un equipo crítico lo cual requiere rutinas de mantenimiento, listas de chequeo de verificación y funcionamiento para finalmente se tomen decisiones para aquellas fallas.

Asimismo, concluyeron que para aplicar la metodología RCM se requiere una inversión importante de mano de obra de análisis y herramientas para su aplicación, también es necesario conocer la taxonomía de los equipos y dadas las restricciones generadas por la normatividad y los fabricantes resaltan que es importante exigir esta información en el momento de la negociación de la compra.

(quintana perez walter adolfo, 2015) en su tesis titulada Programa de mantenimiento basado en RCM en la empresa Confeccionarte S.A.S., presentada en el año 2015 en la institución universitaria pascual bravo, para optar el título profesional de ingeniero industrial, Tuvieron como objetivo formular una estrategia de mantenimiento basada en RCM tomando como base la maquina planta de la empresa CONFECCIONARTE S.A.S. la cual es la que presenta mayor criticidad con el fin de realizar propuesta que ayuden a obtener un proceso productivo dinámico, continuo e integrado que permita aumentar la

disponibilidad y la confiabilidad operacional, y sobre todo la satisfacción de los clientes, recopilaron información de los equipos, el historial de reporte de fallas luego se procedió a realizar un análisis para posteriormente aplicar la metodología RCM teniendo en cuenta las características de los equipos y el contexto operacional actual.

Los autores decidieron implementar unas estrategias de mantenimiento basada en RCM que permita la disminución de las fallas, planificando un cronograma de mantenimiento, implementación de procedimientos, programa de capacitación y entrenamiento, también un stock de repuestos. Con este programa de mantenimiento buscan la disminución de los paros inesperados en el proceso productivo.

(velasquez, 2018). En su tesis titulada Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM, presentada en el 2018 en la universidad nacional de Colombia, para optar el título magister en ingeniería industrial, tuvo como principal objetivo aplicar la metodología RCM para el diseño de nuevos planes de mantenimiento en una línea de producción de alimentos para atender las necesidades los 4 pasos (mantenimiento basado en el tiempo) y paso 5 (mantenimiento basado en condición) del pilar de mantenimiento planeado de la metodología TPM

Los autores buscan obtener una nueva orientación a los planes actuales de mantenimiento preventivo programado del área. Permitiendo buscar el diseño y planeación de nuevos programas de mantenimiento basado en (MCB), reconocer los efectos y los modos de fallas en los equipos para poder evaluar los métodos de reducción mediante técnicas de análisis de confiabilidad e identificar las variables existentes en la programación y planeación de la tareas de mantenimiento que generan alta demanda en actividades sin un foco de intervención.

De igual forma, concluyen que la estrategia del RCM combinada con el TPM permite efectuar una gestión de mantenimiento completa de información con utilidad no solo al departamento de mantenimiento sino también al departamento de compras, producción, calidad etc.

Asimismo, determina que la implementación del RCM logra mejorar los planes de mantenimiento, esto gracias a un conocimiento objetivo funcional y de los modos-efectos de falla, finalmente señala la importancia de un sistema de mantenimiento adecuado puede verse traducido en grandes cifras de ahorro y rentabilidad para una empresa.

(c, 2008) en su informe titulado Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la planta Oscar a Machado EDC , presentada en el 2008 en la universidad simón bolívar , para culminar la especialización en gerencia de empresas, tuvo la finalidad de dar a conocer las experiencias adquiridas en la aplicación y conceptos fundamentales del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la unidades de generación que conforman la planta óscar agosto machado (OAM) de C.A. la electricidad de caracas.

El autor concluyo, que el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una herramienta y proceso utilizado para garantizar el desempeño de cualquier activo físico de la planta de generación de energía eléctrica, para ello se debe seguir con los siguientes objetivos específicos: mejorar la disponibilidad de la planta, reducir los costos de mantenimiento, protección de los activos, reducir los mantenimiento de emergencia y reparaciones mayores.

2.1.2. Nacionales

(Andrade Quiroz Raul Humberto, 2020) en su tesis titulada propuesta de la metodología RCM en la gestión de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de la línea de chancado en una empresa minera, presentada en el año 2020 en la universidad peruana de ciencias aplicadas, para optar por el título profesional de ingeniero industrial, menciona que en la actualidad la gestión de mantenimiento ha ocupado mayor interés en las empresas industriales para mantener la capacidad operativa de los equipos y disminuir costos excesivos en reparación por utilizar mantenimientos inadecuados, por ello, la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una de las herramientas de la ingeniería industrial que sirve para mejorar la disponibilidad de los equipos, asimismo para implementar dicha metodología se requiere la recopilación y el análisis de datos históricos de fallas y de mantenimientos para determinar la condición actual de los equipos.

Los autores concluyen, que el concepto RCM es conocido por muchas industrias peruanas, y que la mejora en la gestión de mantenimiento de los sub sistemas de la faja Overland servirá de guía para desarrollar la técnica a los demás activos de la empresa.

Asimismo, identificaron que la disponibilidad en el año 2018 era de 86.9% y ocasionó una pérdida en las ventas brutas de 26 millones de dólares aproximadamente, posteriormente la simulación al implementar la propuesta de mejora tuvo un éxito, pues, se obtuvo un 90,95% de disponibilidad en la faja nro. 3 que representa 50 horas de disponibilidad al año.

(carlos ernesto bocanegra rivera, 2018) .En su tesis titulada rango de potencia y tipo de fallas en grupos electrógenos instalados en operaciones industriales, presentada en el año 2018 en la universidad privada del norte, para optar por el título profesional de ingeniero industrial, menciona que los beneficios de la implementación de un plan de mantenimiento en las pequeñas y medianas empresas, buscan la eliminación de fallas para incrementar La competitividad en la producción. Entre ellos tenemos, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, Mantenimiento correctivo.

Los autores, tiene como objetivo analizar los fallos detectados durante las actividades de mantenimiento en los grupos electrógenos de los clientes industriales, evaluar la tasa histórica de fallas según el área de mantenimiento y determinar las principales causas de fallas en el funcionamiento de dichos equipos

Además, para poder cumplir con los objetivos se emplearon técnicas correspondientes que permitan obtener un buen diagnóstico de los equipos para la identificación de las fallas y averías que los grupos electrógenos presenten para poder elaborar un buen plan de mantenimiento y garantizar su buen funcionamiento.

De igual forma, concluyeron que se puede detectar las fallas comunes de los grupos electrógenos, además se pudo determinar las causas de las fallas,

(leonidas, 2022) En su tesis titulada Propuesta de Mejora de la Gestión de mantenimiento en el sistema HVAC del aeropuerto internacional Jorge Chávez utilizando la metodología RCM, presentada en el año 2022 en la universidad peruana de ciencias aplicadas, para optar por el título de ingeniero industrial, tuvo como objetivo principal garantizar la fiabilidad y seguridad del sistema de instalaciones a bajo costo implementando la metodología RCM en el aeropuerto internacional Jorge Chávez donde se detectó

incremento por costos de mantenimiento correctivo y baja disponibilidad de los equipos del sistema de HVAC.

El autor, obtuvo como resultado la reducción de fallas en un 50% lo que permitió reducir costos de mantenimiento correctivo, asimismo le permitió conocer mejor la operación del área de mantenimiento y aporó información útil para la toma de decisiones, también se obtuvo información relevante respecto a la calefacción, ventilación y sistemas de aire acondicionado como registro de activos y el número de averías de cada equipo considerando los componentes críticos que fallan.

Por último el autor concluyo, que la gestión de mantenimiento moderno consiste en anticipar las fallas del equipo y reducir las actividades de mantenimiento correctivo garantizando el correcto funcionamiento operativo de los grupos electrógenos.

(yessica mabel chacaliaza barrantes, 2021) .En su tesis titulada Aplicación de la Metodología RCM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Mejorar la Disponibilidad de Equipos de Carguío y Acarreo en una Empresa Minera de Cajamarca 2021, presentada en el año 2021 en la Universidad Privada del Norte, para optar por el Título Profesional Ingeniero de Minas. Tuvo como principal objetivo proponer la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos de carguío y acarreo de una empresa minera debido a que presentaban problemas en el área de mantenimiento mecánico por las constantes paradas no programadas por fallas imprevistas de los equipos.

Los autores, al evaluar la disponibilidad mecánica inicial de los equipos determinaron que el promedio de la disponibilidad se encuentra en un 84%, para ello, diseñaron un plan de gestión de mantenimiento que permita incrementar el porcentaje inicial

Asimismo, el trabajo concluye con la implementación de la metodología RCM, obteniendo como resultado una mejora en la disponibilidad mecánica de los equipos de carguío y acarreo, la cual mejoro en un 94% con una diferencia de un a10% con respecto a la disponibilidad mecánica inicial.

(ronal coqui monge nicolas, 2019).En su tesis titulada estrategias del RCM y su Influencia en la Confiabilidad de los Equipos para la Tintorería de la Empresa sur Color Star S.A. ,presentada en el año 2019 en la universidad nacional del callao, para optar por el grado académico de maestro de gerencia del mantenimiento, tuvieron como objetivo principal determinar la influencia en la confiabilidad de los equipos de la tintorería de la empresa SUR COLOR STAR S.A., aplicando estrategias del RCM, como análisis de criticidad, análisis de modo y efecto de fallas, diagrama de decisiones, se elaboró una base de datos con el historial de los equipos estudiados el cual se analizó a través del software SPSS.

Los autores concluyeron que al implementar la metodología RCM en los equipos para la tintorería de la empresa SUR COLOR STAR S.A. se logró una mayor productividad, el empleo de análisis de criticidad en los equipos obtuvo un incremento de la productividad en un 18,45 % y la disminución de costos en reparación en un 61,31% .

Asimismo, la utilización del análisis de modo y efecto de fallas logro incrementar la disponibilidad de los equipos en un 81,60% a 98,20% y con respecto al diagrama de decisiones se mejoró el tiempo medio entre fallas de 34,5 horas a 146,9 horas para los equipos en estudio.

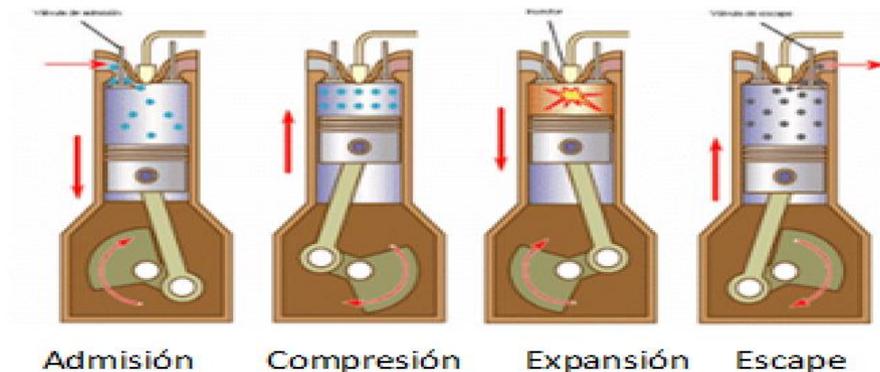
2.2. bases Teóricas

2.2.1. Grupo electrógeno:

(carlos ernesto bocanegra rivera, 2018) menciona que un grupo electrógeno se conoce comúnmente como plantas de emergencia, está constituido por un motor de combustión interna el grupo electrógeno tiene como función principal transformar la llamada capacidad calorífica aportada por el combustible en energía mecánica a la salida del eje del cigüeñal del motor y luego en energía eléctrica de forma sucinta, son comúnmente usados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

Figura 10

Fases de funcionamiento del grupo electrógeno



Fuente: (carlos ernesto bocanegra rivera, 2018)

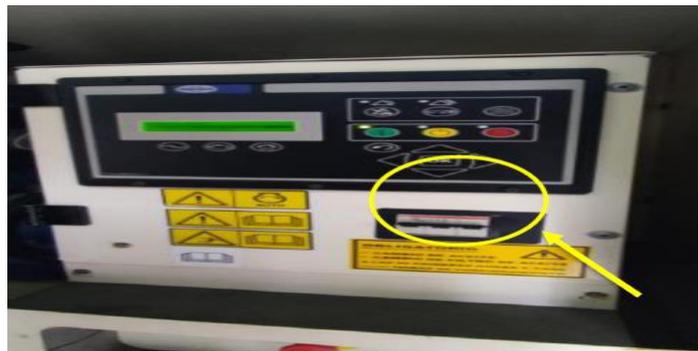
2.2.2. Componentes del grupo electrógeno:

(luis, 2019) Señala que en el mercado existen diferentes tipos de grupos electrógenos de diferentes tamaños, potencias, estacionarios o portátiles:

- **Motor diésel:** dispositivo que funciona en 4 tiempos y su función principal es de accionar al grupo electrógeno:
- **Sistema de refrigeración:** dispositivo que tiene como función evitar que la temperatura se eleve a niveles que dificulten el funcionamiento correcto del grupo electrógeno.
- **Sistema eléctrico del motor:** su función principal es proporcionar energía eléctrica para el arranque del motor.
- **Alternador:** dispositivo donde ocurre la transformación de energía mecánica a energía eléctrica.
- **Aislador de vibraciones:** dispositivo que posee tacos anti vibrantes que disminuye la vibración, productor del funcionamiento del motor.
- **Sistema de control:** dispositivo que tiene como función la ejecución de las acciones del grupo electrógeno tales como puesta en marcha paradas de emergencia, indicadores de riesgo.

Figura 11

Fases de funcionamiento del grupo electrógeno



Fuente: (luis, 2019)

- **Actuador:** dispositivo que regula la velocidad de motor ante exigencias elevadas, el motor aumenta su velocidad y ante requerimientos menores la velocidad se

reduce. El actuador genera potencia continua, para así evitar aceleraciones violentas ante requerimientos de potencia.

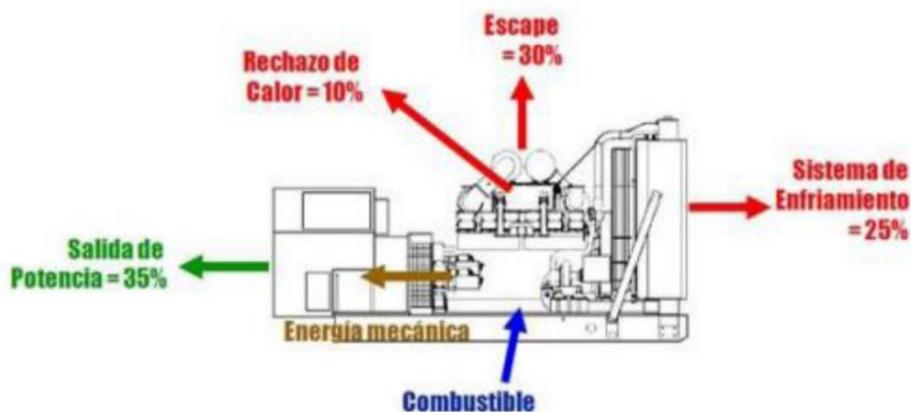
- **Sistema de combustible:** el sistema de combustible está compuesto por depósito de combustible, la bomba, el filtro y los inyectores y se encarga de suministrar combustible al motor.
- **Sistema de lubricación:** el sistema de lubricación es evitar el desgaste de las piezas internas del motor cuando está en funcionamiento.

2.2.3. Funcionamiento de grupo electrógeno:

(mendoza alcarraz piero antony, 2020) Señala que el funcionamiento de un grupo electrógeno se establece en la ley de Faraday, esta ley indica que para que se genere una corriente eléctrica de existir un movimiento entre el campo magnético y el conductor, es decir el equipo utiliza un campo magnético para crear un movimiento de electrones y producir energía eléctrica.

Figura 12

Funcionamiento de un grupo electrógeno



Fuente: (mendoza alcarraz piero antony, 2020)

2.2.4. Tipos de grupos electrógenos:

(Luis, 2019) Menciona que existen dos grupos electrógenos que se clasifican de la siguiente manera:

- **Estacionarios:** estos grupos están diseñados para operar de forma continua en tiempos prolongados.

Figura 13

Grupo Electrónico Estacionario



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

- **Portátiles:** utilizados para labores domésticas con funcionamiento limitado por tema de recalentamiento si se usa de forma prolongada.

Figura 14

Grupo Electrónico portátil



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

2.2.5. Mantenimiento

2.2.5.1. Concepto:

(mendoza alcarraz piero antony, 2020) Menciona que el mantenimiento son técnicas que aseguran el correcto funcionamiento de equipos o maquinas reduciendo fallas, disminuyendo el impacto de fallas y evitando que la maquina se detenga por paros no programados minimizando accidentes y aumentando la seguridad de las personal.

2.2.5.2. Tipos de Mantenimiento:

- **Mantenimiento Preventivo:**

(garzon gomez jaimé alfonso, 2008) Menciona que es un conjunto de actividades programadas a equipos en mantenimiento que permiten en la forma más económica continuar su funcionamiento más eficiente y seguro posible es decir se adelanta a las fallas antes que esta ocurra, estas acciones se realizan para descubrir, evitar o mitigar la degradación de un sistema o sus componentes, también consiste en la inspección periódica de elementos propensos a fallas y la corrección antes que ocurra.

Asimismo, para lograr los beneficios de mantenimiento preventivo se debe complementar con un buen análisis, planificación y programación de trabajos.

- **Mantenimiento Correctivo**

(garzon gomez jaimé alfonso, 2008) Menciona que es un tipo de mantenimiento muy conocido por los jefes e ingenieros en mantenimiento consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no pueda desempeñar normalmente su función donde se somete a una reparación hasta corregir el defecto, además este tipo de mantenimiento no planificado es el tipo de gestión más costoso y que más

problemas ocasiona por paradas no programadas amenazando la producción y aumentando costos en reparación.

- **Mantenimiento Predictivo:**

(garzon gomez jaime alfonso, 2008) menciona que este tipo de mantenimiento consiste en el monitoreo de parámetros en máquinas en pleno funcionamiento usando herramientas electrónicas que permite cuantificar Dichos parámetros para luego ser comparados con los parámetros estándar de dicho equipo, así determinar la condición bueno o mala de acuerdo a los límites establecidos de dicho parámetro, es por este motivo que muchas veces se le conoce como “monitoreo de condición”, se realiza de manera continua para predecir el estado y/o condición futura de la máquina.

2.2.6. Metodología RCM

Según (sanchez, 2013) es un enfoque en la aplicación de tareas de mantenimiento de acuerdo a eventos que causan indisponibilidad en el sistema de una máquina, la cual busca aumentar la confiabilidad con un mínimo costo y riesgo combinando técnicas de AM (mantenimiento autónomo), CM (correctivo) , PM (preventivo).

(moubray, 2004) Señala que es un proceso que se utiliza para determinar que un componente o sistema se está desempeñando correctamente

Para (patricio, 2017) todo procedimiento para desarrollo de la metodología RCM debe responder 7 preguntas. Según la norma SAE: JA1011, indica que se deben cumplir estos requerimientos para que sea denominado un proceso RCM.

Figura 15

Interrogantes para cumplir un proceso RCM

Número	Descripción de la pregunta
1	¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
2	¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
3	¿Que ocasiona cada falla funcional?
4	¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
5	¿De qué modo afecta cada falla?
6	¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
7	¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

Fuente: (patricio, 2017)

2.2.7. Beneficios de la metodología RCM:

Según (mendoza alcarraz piero antony, 2020) al implementar el proceso de RCM se consiguen los siguientes beneficios:

- Mejora en la calidad de las maquinas en beneficio del personal operario
- Cuidado del medio ambiente y seguridad del personal usuario
- La metodología RCM mejora los sistemas críticos
- Mejora la comunicación entre el personal usuario generando motivación y compromiso.
- Se incrementa el conocimiento técnico de los activos críticos de la planta.

Para (edison, 2021) señala que la importancia del RCM está basado en la operatividad de los equipos de forma constante logrando los siguientes beneficios:

- Incrementa el nivel de confiabilidad en equipos
- Permite reducir costos por fallos

- Brinda mayor seguridad al personal de mantenimiento y operativo, así como el medio ambiente.
- Permite asegurar la vida útil de fabrica de los activos
- Ofrece un plan de mantenimiento debidamente estructurado.

2.2.8. Análisis de los modos y efectos de falla (AMEF).

Según (marco hurtado, 2019) es una herramienta que permite identificar y prevenir riesgos asociados con un proceso, además en la actualidad las organizaciones lo utilizan como una oportunidad de mejora continua con el análisis de riesgos según la ISO 9001 , los sistemas de gestión de calidad (SGC) que son herramientas que ayudar a mejorar las actividades diarias en una empresa.

2.2.9. Disponibilidad:

Para (roman, 2019) menciona que la probabilidad es el correcto funcionamiento de un equipo al momento que se requiere después del comienzo de su operación cuando se usa en condiciones estables, también señala que la disponibilidad depende de cuan frecuente se producen los fallos en determinado tiempo y condiciones y cuánto tiempo se necesita para corregir el fallo.

Para (gabriel, 2017) señala que la disponibilidad está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo en la reparación de una máquina, asimismo indica que el objetivo principal del mantenimiento es obtener la confianza de un componente o sistema para que ejerza correctamente su función obteniendo resultados satisfactorios en un tiempo determinado.

(mendoza alcarraz piero antony, 2020) Señala para calcular la disponibilidad es necesario obtener las horas totales y esta se debe restar las horas paradas por mantenimiento y el resultado dividirlo entre las horas totales.

Ecuación 1

Ecuación de la disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{horas totales} - \text{horas paradas por mantenimiento})}{\text{horas totales}}$$

2.2.10. Confiabilidad:

Para (mendoza alcarraz piero antony, 2020) define como la confianza que se tiene una máquina, componente o sistema desempeñe su función correctamente durante un periodo determinado bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno.

La fórmula de cálculo es muy parecida a la ecuación que se utilizó para hallar la disponibilidad, horas totales restado por horas de parada por mantenimiento no programado y la diferencia dividirlo entre las horas totales.

Ecuación 2

Ecuación confiabilidad

$$\text{confiabilidad} = \frac{(\text{hrs. totales} - \text{hrs. paradas por mantenimiento no programdas})}{\text{horas totales}}$$

2.2.11. El tiempo medio entre averías (MTBF)

Según (wilfredo, 2022) permite conocer con qué frecuencia ocurren las fallas en una máquina. La fórmula de cálculo es el tiempo total de operación dividido por el número de fallas.

Ecuación 3

Ecuación tiempo medio entre fallas

$$MTBF: \frac{\textit{Tiempo total de operacion(hrs)}}{\textit{numero de fallas}}$$

2.2.12. Herramientas de calidad:

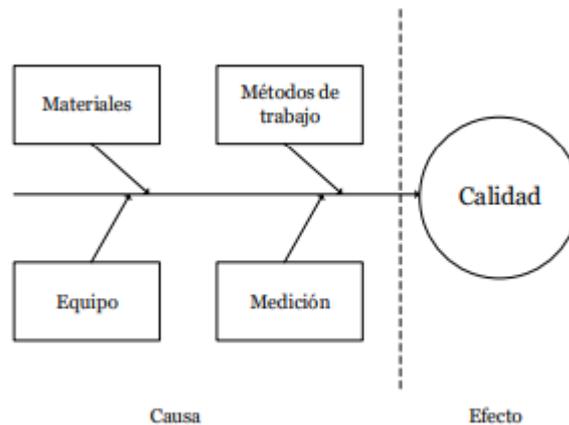
2.2.12.1. Diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado

(romero, 2018) menciona que son herramientas de diagnóstico utilizado para identificar las causas potenciales de un evento, también conocido como diagrama de pescado causa – efecto o espina de pescado es una de las siete herramientas de Kaoru Ishikawa.

Asimismo busca controlar o mejorar un conjunto de causas o factores que ocasionan dicho efecto y puede ser utilizado en cualquier problema.

Figura 16

Diagrama de Ishikawa



Fuente: (romero, 2018)

2.2.12.2. Diagrama de Pareto

Para (jordi mompo morant, implementacion de la tecnica smed, 2020) el diagrama de Pareto es una representación gráfica, también conocida como regla del 80/20 donde el 80% de las consecuencias es proveniente del 20% de las causas.-esta herramienta es de gran utilidad donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas

Para aplicar esta herramienta se debe tener lo siguiente

- Determinar el problema.
- Recolectar los datos o las causas de los problemas y sus consecuencias e importancia.
- Ordenar de mayor a menores estos datos.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. contexto general

A lo largo de mis 8 años de experiencia profesional siendo técnico en telecomunicaciones egresado del Instituto Superior Tecnológico Naval-Citen, he trabajado en varios puestos relacionados a mis habilidades y competencias, el 5 de marzo del 2018 tuve la oportunidad de ingresar a trabajar en la empresa CONSORCIO NAVAL E INDUSTRIAL S.A.C. en la cual me encuentro trabajando hasta la actualidad.

La empresa cuenta con muchos proyectos importantes, uno de ellos es la modernización de las unidades submarinas de la Marina de Guerra del Perú en las instalaciones de los Servicios Industriales de la Marina SIMA CALLAO, en la cual me encuentro realizando labores de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de maquinaria en especial de grupos electrógenos, en varios casos pude darme cuenta que los grupos electrógenos llegaban con fallas mecánicas con pocas horas de funcionamiento, esto me llevo a la conclusión que la maquinaria viene con problemas desde el área de mantenimiento de la empresa CONSORCIO NAVAL E INDUSTRIAL S.A.C.

Con el transcurso de los días logre identificar algunos problemas en el área de mantenimiento, uno de ellos es que no existe un orden en los repuestos y suministros los cuales no se encuentran clasificados, falta de herramientas , falta de capacitación al personal y los más importantes que no se cumple con los procedimientos de reparación, todos estos problemas sirvieron para determinar la deficiencia productiva en el mantenimiento de los equipos y/o maquinaria en la empresa CONSORCIO NAVAL E INDUSTRIAL S.A.C.

Finalmente realice mi análisis y propuse la implementación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos en la empresa CONSORCIO NAVAL E INDUSTRIAL S.A.C siendo autorizado por el Gerente General Señor Ángel de Jesús García Tasayco brindándome acceso a los datos de mantenimiento ,confiabilidad , producción y operaciones, datos de gestión de costos y presupuestos en mantenimiento y herramientas de mejorar continua de los grupos electrógenos etc.

3.2. Grupos electrógenos:

3.2.1. Operación de grupos electrógenos

El motivo por el cual se tomó como estudio el uso de grupos electrógenos es por su baja disponibilidad y confiabilidad cuando suceden cortes repentinos de energía eléctrica, generando retraso en la producción por paradas no programadas y también por los altos costos de reparación.

3.2.2. Cantidad de grupos electrógenos

El estudio se realizó en doce grupos electrógenos de la misma marca.

3.2.3. Situación problemática de los grupos electrógenos:

Actualmente la empresa cuenta con doce grupos electrógenos de la marca Perkins y están presentando una disminución de la disponibilidad y confiabilidad de sus grupos electrógenos esto se observa cuando suceden cortes repentinos de energía eléctrica donde existe la llamada hora pico, que se da entre las 09:00 am a 13:00 pm y por la tarde a partir de las 14:00 hasta las 17:00 pm el cual genera retraso en los diferentes trabajos que se realiza y pérdidas económicas al no poder ponerlos en funcionamiento.

Tabla 2

Equipos electrógenos con problemas de disponibilidad antes de implementar el RCM

ítem	Marca	Modelo	Nro. de Serie	Fecha de fabricación	Antigüedad Años
1	perkins	3000-68336	85076-1	31/10/2009	13
2	perkins	3000-68336	85076-1	31/10/2009	13
3	perkins	3000-68336	85076-1	31/10/2009	13
4	perkins	3000-68336	85076-1	31/10/2013	9
5	perkins	mls-70	u919530d	17/09/2013	9
6	perkins	mls-96movil	fc088012/08	16/07/2013	9
7	perkins	mls-70	u919530d	17/09/2015	7
8	perkins	mls-96movil	fc088012/08	16/07/2015	7
9	perkins	mls-70	u919530d	17/09/2015	7
10	perkins	mls-96movil	fc088012/08	16/07/2016	6
11	perkins	ce18e545	0elmo2942	30/09/2016	6
12	perkins	ce18e545	0elmo2942	30/09/2016	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

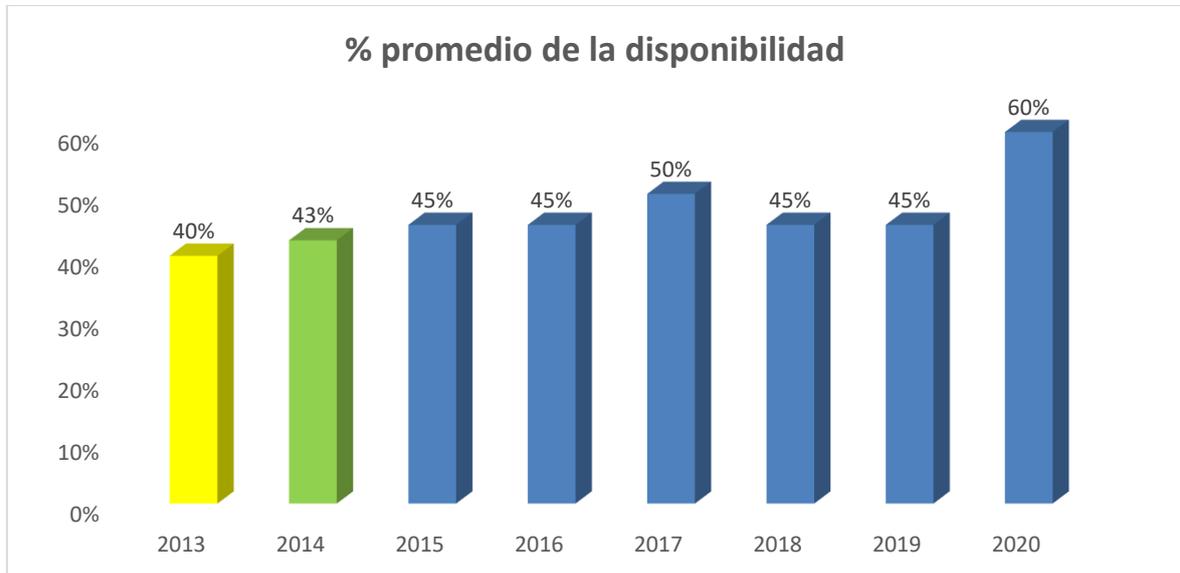
Gráfico de disponibilidad y confiabilidad antes de implementar el RCM

Ítem	Marca	Modelo	Nro. de Serie	Confiabilidad	Disponibilidad
1	perkins	3000-68336	85076-1	40%	40%
2	perkins	3000-68336	85076-1	40%	45%
3	perkins	3000-68336	85076-1	45%	40%
4	perkins	3000-68336	85076-1	40%	45%
5	perkins	mls-70	u919530d	40%	45%
6	perkins	mls-96movil	fc088012/08	40%	40%
7	perkins	mls-70	u919530d	50%	50%
8	perkins	mls-96movil	fc088012/08	50%	50%
9	perkins	mls-70	u919530d	50%	45%
10	perkins	mls-96movil	fc088012/08	50%	45%
11	perkins	ce18e545	0elmo2942	75%	60%
12	perkins	ce18e545	0elmo2942	75%	60%

Fuente: Elaboración propia

Figura 17

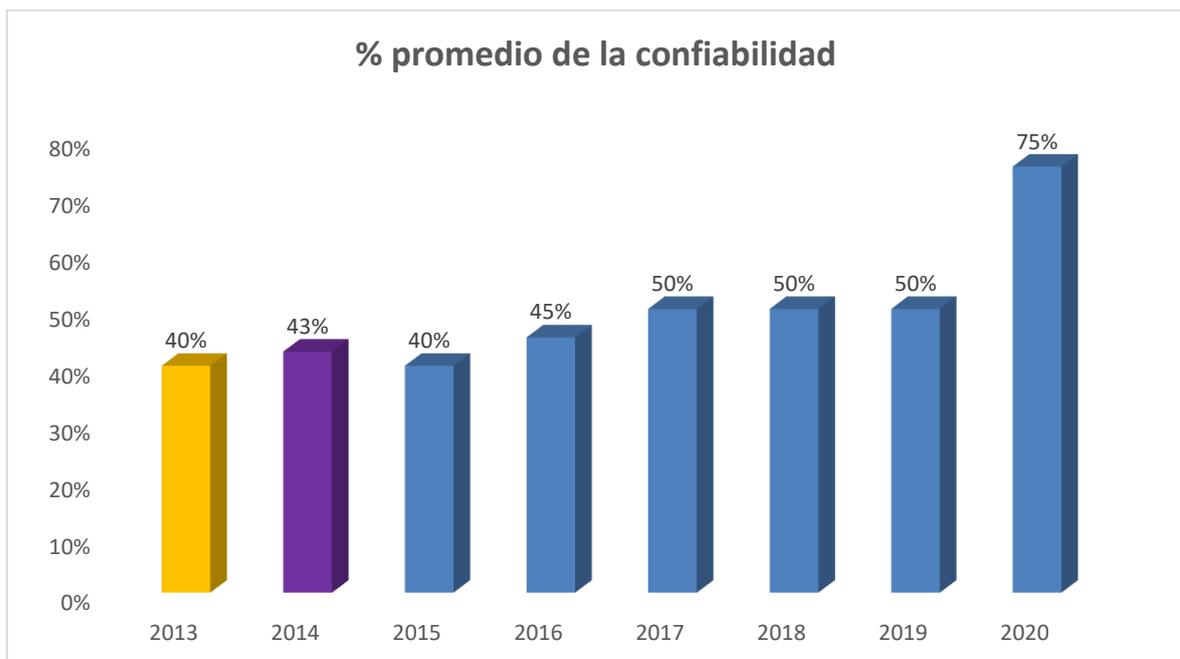
Promedio de disponibilidad por año de los grupos electrógenos



Fuente: elaboración propia

Figura 18

Promedio de confiabilidad por año de los grupos electrógenos



Fuente: elaboración propia

Según los reportes se puede observar que ningún grupo electrógeno llega al 90% de disponibilidad y confiabilidad siendo el más bajo los equipos del año 2013 y 2014 cuya disponibilidad y confiabilidad es de 40% y 43% Respectivamente, además los equipos con poco tiempo de antigüedad están presentando problemas de disponibilidad y confiabilidad.

3.2.4. Trabajos de inspección y mantenimiento a los grupos electrógenos antes de implementar la metodología mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM.

Antes de implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM, a inicios del mes de mayo del 2022 como primer paso iniciamos los trabajos de inspección y mantenimiento de los componentes de los grupos electrógenos de la marca perkins que por su uso y antigüedad requerían.

Figura 19

Inspección de los grupos electrógenos por personal de mantenimiento



Fuente Consorcio Naval de Industrial S.A.C.

3.2.4.1. Motor diésel:

- **Culata:** como se observa en la figura Nro. 20 la culata presentaba picaduras y el empaque estaba soplada por usar refrigerante de mala calidad ocasionado sobrecalentamiento y pérdida de refrigerante, por lo que se procedió a realizar el rectificado y cambio de empaque de culata.

Figura 20

Rectificación de culata por presentar picaduras



Fuente Consorcio Naval de Industrial S.A.C.

- **Monoblock:** como se observa en la figura Nro. 21 al efectuar la inspección y calibración de las camisas se observa que presentan leves ralladuras debido a las horas de operación y antigüedad, y de acuerdo a su estado en el interior requieren su bruñido.

Figura 21

Bruñido de monoblock



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

Implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos de la empresa CONSORCIO NAVAL e INDUSTRIAL S.A.C.

- **Pistones:** como se observa en la figura Nro. 22 efectuamos la limpieza y descarbonizado de pistones y anillos para su calibración.

Figura 22

Limpieza y Descarbonizado de Pistones



Fuente: consorcio naval e industrial S.A.C.

3.2.4.2. Sistema de refrigeración:

- **Radiador de agua:** como se observa en la figura Nro. 23 realizamos el pulverizado y lavado químico del radiador posteriormente efectuamos la prueba hidrostática donde se observó que el panel presentaba fugas por los tubos debido a picaduras por el tiempo de servicio y la dureza del agua que es utilizada con mezcla del refrigerante por lo que requiere cambio.

Figura 23

Prueba hidrostática de radiador y reemplazo del mismo



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

- **Mangueras y tuberías:** se efectúa inspección de las mangueras y tuberías por donde circula el refrigerante observando desgaste y deterioro por lo que requiere cambio.
- **Bomba de agua:** como se observa en la figura Nro. 24 al inspeccionar la bomba de agua se detectó fuga de refrigerante por lo que se procedió a reemplazar el empaque de la bomba de agua.

Figura 24

Reemplazo de empaque de bomba de agua



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

3.2.4.3. Sistema eléctrico:

- **Arrancador y alternador:** se realizó el desmontaje de los componentes para su evaluación
- **Generador:** como se observa en la figura Nro. 25 al realizar el desacoplado y desmontaje verificamos lo siguiente :
 - el aislamiento de las bobinas se encuentran por debajo de los valores recomendados
 - bobinas con presencia de residuos de polvo y sustancias oleosas por lo que se procedió a efectuar el pulverizado con solvente dieléctrico.

Implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos de la empresa CONSORCIO NAVAL e INDUSTRIAL S.A.C.

- Los bornes presentan corrosión por lo que requiere cambio y posteriormente realizamos el barnizado del generador con barniz dieléctrico

Figura 25

Limpieza y pulverizado de sistema eléctrico y barnizado del generador



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

3.2.4.4. Sistema de combustible:

- **manómetro de nivel de combustible:** como se observa en la figura Nro. 26 el manómetro de nivel de combustible presentaba fallas ya que a pesar de haberse llenado de petróleo al tanque de combustible este no estaba marcando debidamente el nivel correcto, por lo que se procedió efectuar su reemplazo, también procedimos al reemplazo del filtro de combustible.

Figura 26

Reemplazo de manómetro nivel de combustible filtro de combustible



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

- **tanque de combustible.**-como se observa en la figura Nro. 27 al efectuar la inspección se evidencio la presencia de sarro en el interior del tanque de combustible y tuberías por lo que se procedió a efectuar el lavado y limpieza.

Figura 27

Limpieza de tanque de combustible y tuberías



Fuente: consorcio naval e industrial S.A.C.

3.2.4.5. Sistema de lubricación: Como se observa en la figura Nro. 28 al efectuar la inspección de la bomba de aceite esta presenta fugas de presión y ruidos anómalos por lo que se precedió a efectuar su reemplazo.

Figura 28

Reemplazo de la bomba de aceite



Fuente: Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

3.2.5. Análisis de causa de raíz del problema

Para encontrar las causas de las fallas en los equipos se empleó el diagrama de Ishikawa y Pareto.

3.2.5.1. Diagrama de Ishikawa

Mediante el diagrama de Ishikawa se determinó la cantidad de eventos que originaron baja disponibilidad en los grupos electrógenos. Por lo cual se invitó a seis trabajadores del departamento de mantenimiento seleccionados por su experiencia y tiempo de trabajo de la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C.:

Jefe de mantenimiento, sub jefe de mantenimiento, supervisor de mantenimiento y tres técnicos de mayor experiencia y tiempo.

- Primero paso, se efectuó una reunión entre los seleccionados para que cada uno exponga la problemática, dicha reunión se realizó en la sala de conferencia de la empresa a las 1700 horas que es el término de trabajos.
- Segundo paso , se presentó el tema central “baja disponibilidad y confiabilidad de grupos electrógenos donde se determinó un tiempo de 30 minutos y el formato que se utilizó para recolectar la lluvia de ideas fue un mapa conceptual
- tercer paso , cada integrante brindo sus propuestas y recomendaciones de mejora
- cuarto paso se seleccionó las mejores propuestas y recomendaciones por medio de un consenso.
- Quinto paso, se procedió a ordenar según los factores: mano de obra, equipo, método, medio ambiente y material.
- Por último, se agradeció la participación de todos los profesionales de departamento de mantenimiento de la empresa.

Se pudo identificar 10 causas gracias a los informes técnicos proporcionada por el departamento de mantenimiento durante el año 2021 a 2022 lo que permitió determinar las frecuencias de cada causa antes de implementar el RCM.

Tabla 4

Causas de Fallas de los grupos electrógenos

Ítem	Causas	Mano de Obra	Maquina	Método	Medio Ambiente	Material	Total
1	fuga de combustible		20				20
2	falla de batería		15				15
3	fuga de refrigerante		10				10
4	falta de comunicación entre operarios		10				10
5	falta de manuales técnicos de operación y mantenimiento					8	8
6	sistema de refrigeración contaminado con aceite		8				8
7	falta de mantenimiento	7					7
8	exceso de suciedad en la maquina				6		6
9	demora por reemplazo de repuesto			5			5
10	desconocimiento de operación	4					4
TOTAL		11	63	5	6	8	93

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Porcentaje de causas de fallas

Ítem	Causas	Cantidad Causas	% causas
1	mano de obra	11	12%

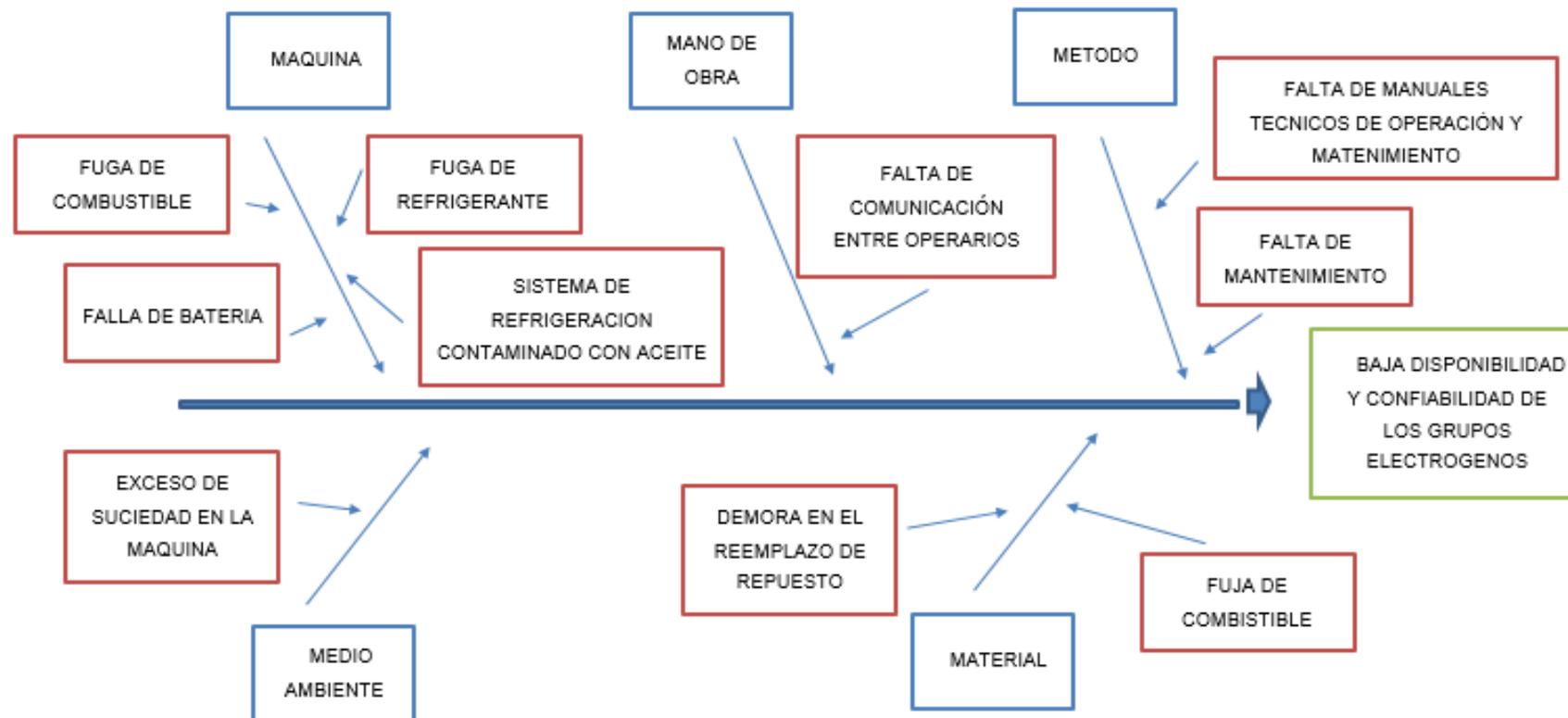
Implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos de la empresa CONSORCIO NAVAL e INDUSTRIAL S.A.C.

2	maquina	63	68%
3	método	5	5%
4	medio ambiente	6	6%
5	material	8	9%
total		93	100%

Fuente: Elaboración propia

Figura 29

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

3.2.6. Diagrama de Pareto

Mediante el presente grafico se busca demostrar las causas principales que tienen los grupos electrógenos.

Tabla 6

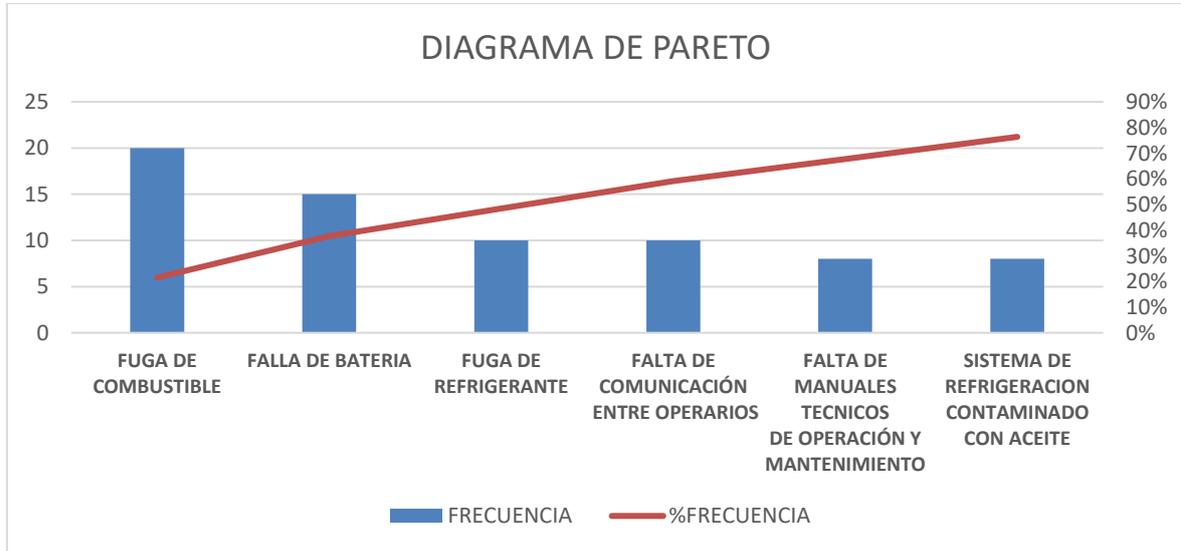
Casusas principales de fallas de los grupos electrógenos

Ítem	Razones	Frecuencia	%Frecuencia	% Frecuencia de Acumulada
1	fuga de combustible	20	22%	22%
2	falla de batería	15	16%	38%
3	fuga de refrigerante	10	11%	48%
4	falta de comunicación entre operarios	10	11%	59%
5	falta de manuales técnicos de operación y mantenimiento	8	9%	68%
6	sistema de refrigeración contaminado con aceite	8	9%	76%
7	falta de mantenimiento	7	8%	84%
8	exceso de suciedad en la maquina	6	6%	90%
9	demora por reemplazo de repuesto	5	5%	96%
10	desconocimiento de operación	4	4%	100%
Total		93	100%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 30

Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de Pareto se observa que el 74% de las causas se deben a:

- Fuga de combustible (22%)
- Falla de batería con un (16%)
- Fuga de refrigerante (11%)
- Falta de manuales técnicos de operación y mantenimiento (9%)
- Falta de mantenimiento (8%)
- Demora por reemplazo de repuesto (5%)
- Desconocimiento (4%)

El cual se debe optar por un plan de mantenimiento para incrementar la Disponibilidad y Confiabilidad de los grupos electrógenos en la empresa para ello seleccionamos tres

Propuestas de mantenimiento.

3.2.7. Selección metodológica

Con el objetivo de decidir sobre el tipo de mantenimiento más apropiado a emplear se identificaron 3 metodologías de solución para el incremento de la disponibilidad de los grupos electrógenos en la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C. el cual se detalla a continuación:

- **Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM):** (mendoza alcarraz piero antony, 2020) indica que es un de Mantenimiento enfocado para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de equipos reduciendo costos y riesgos el cual combina varios métodos de mantenimiento.
- **Mantenimiento productivo total:** es un tipo de mantenimiento enfocado para mejorar la eficacia de un proceso productivo reduciendo costos y stock intermedios y finales con lo que la productividad mejora.**Fuente especificada no válida.**
- **Optimización de mantenimiento planeado (PMO):** es un método diseñado para revisar requerimientos de mantenimiento, historial de fallas y la información técnica de activos de operación facilitando el diseño de un marco frontal de trabajo racional y rentable. **Fuente especificada no válida.**

Para seleccionar entre estas tres metodologías se realizó la evaluación que a continuación se detalla:

Tabla 7

Factores de evaluación para las alternativas de métodos de mantenimiento

Ítem	Factor de evaluación	Descripción
1	ejecutar el plan de mantenimiento específico	usar un plan de mantenimiento preventivo adecuado para cada sistema
2	disminuye fallas eléctricas y mecánicas de los grupos electrógenos	priorizar asistencia inmediata a los componentes de los grupos electrógenos de acuerdo al grado de ocurrencia
3	minimiza fallas por mal uso de los grupos electrógenos	brindar charlas al personal de operarios
4	identificación de piezas mecánicas y eléctricas en estado crítico	crear una base de datos con los repuestos más comunes por falla mecánica o eléctrica
5	evita el procedimiento de un mantenimiento correctivo	crear indicadores de medición y planes de acción
6	mejora la gestión de mantenimiento	ejecutar acciones de mejora
7	genera aprendizaje a los trabajadores	mejorar los conocimientos y habilidades mediante la capacitación a los trabajadores
8	tarea de búsqueda de fallas	examinar las piezas y condiciones de operación y causas de fallas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Conociendo los factores de evaluación se determinó una escala de calificación

Ítem	Descripción	Calificación	Puntuación
1	excelente	genera óptimos resultados	10
2	bueno	brinda resultados moderados	8
3	promedio	genera mejoría con limitaciones	6
4	regular	los resultados obtenidos son básicos	4

5	Malo	los resultados obtenidos son mínimos	2
6	muy malo	no se obtiene ninguna mejora	0

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado los factores y escala de evaluación de calificación, el departamento de mantenimiento realizo la evaluación donde se observa las puntuaciones donde se aprecia que la metodología RCM obtuvo mayor puntaje en comparación con las otras metodologías, llegando a la conclusión que este proyecto se centrara en la implementación de la metodología de mantenimiento basada en la confiabilidad RCM.

Tabla 9

Factores de evaluación

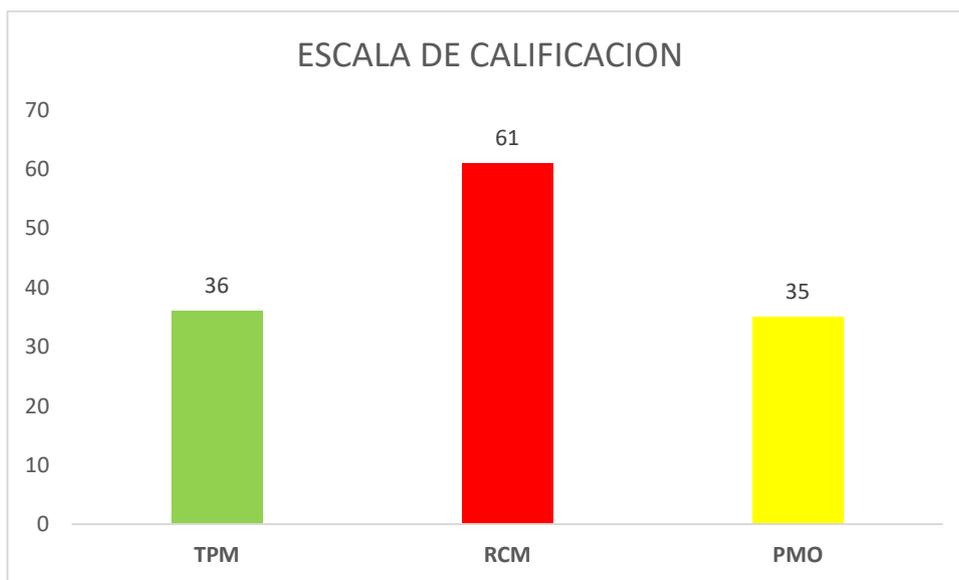
Ítem	Factor de Evaluación	TPM	RCM	PMO
1	ejecutar el plan de mantenimiento específico	5	10	3
2	disminuye fallas eléctricas y mecánicas de los grupos electrógenos	6	8	5
3	minimiza fallas por mal uso de los grupos electrógenos	4	6	4
4	identificación de piezas mecánicas y eléctricas en estado crítico	5	7	6
5	evita el procedimiento de un mantenimiento correctivo	4	7	4
6	mejora la gestión de mantenimiento	3	8	5

7	genera aprendizaje a los trabajadores	5	8	5
8	tarea de búsqueda de fallas	4	7	3
PUNTAJE TOTAL		36	61	35

Fuente: Elaboración propia

Figura 31

Escala de calificación para determinar el tipo de metodología de mantenimiento a implementar



Fuente: elaboración propia

3.2.8. Solución del problema –desarrollo del método RCM

Para implementar la metodología de mantenimiento basada en la confiabilidad RCM se desarrolla siete pasos que se detalla a continuación.

3.2.8.1. Paso 1.- identificación de los sistemas básicos y sus funciones

Se procederá a reconocer los componentes y sistemas que conforma un grupo electrógeno asimismo las funciones que estos desempeñan para el funcionamiento de los equipos.

Tabla 10

Funciones de los componentes de los grupos electrógenos

Ítem	Sistema y Componentes	Funciones
1	motor diésel	dispositivo que funciona en 4 tiempos y su función principal es de accionar al grupo electrógeno
2	sistema de refrigeración	dispositivo que tiene como función evitar que la temperatura se eleve a niveles que dificulten el funcionamiento correcto del grupo electrógeno
3	sistema eléctrico del motor	su función principal es proporcionar energía eléctrica para el arranque del motor
4	Alternador	dispositivo donde ocurre la transformación de energía mecánica a energía eléctrica
5	aislador de vibración	dispositivo que posee tacos anti vibrantes que disminuye la vibración, productor del funcionamiento del motor
6	Sistema de control	dispositivo que tiene como función la ejecución de las acciones del grupo electrógeno tales como puesta en marcha paradas de emergencia, indicadores de riesgo
7	Actuador	Dispositivo que regula la velocidad de motor ante exigencias elevadas, el motor aumenta su velocidad y ante requerimientos menores la velocidad se reduce. El actuador genera potencia continua, para así evitar aceleraciones violentas ante requerimientos de potencia
8	Sistema de combustible	el sistema de combustible está compuesto por depósito de combustible, la bomba, el filtro y los inyectores y se encarga de suministrar combustible al motor
9	Sistema de lubricación	el sistema de lubricación es evitar el desgaste de las piezas internas del motor cuando está en funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

3.2.8.2. Paso 2: conformación del equipo de trabajo y criterios para evaluar la criticidad.

Para el segundo paso se creó una junta técnica conformada por el Jefe de mantenimiento, sub jefe de mantenimiento, supervisor de mantenimiento y tres técnicos de mayor experiencia y tiempo con amplia experiencia y conocimientos sobre grupos electrógenos y personal de mantenimiento de la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C. con la finalidad de definir los criterios de evaluación y determinar la repercusión de estos en el área de servicio y soporte técnico por lo que se aplicara una herramienta llamada análisis de criticidad (AC)

Criticidad total (CT) es el parámetro que se rige el método cuya fórmula es el siguiente:

Ecuación 4

Ecuación criticidad total

$$CT = FFX \text{ consecuencia}$$

Donde la frecuencia de la falla (FF) se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 5

Frecuencia de falla

$$\text{Consecuencia} = ((IOXFO) + CM + ISAH)$$

Los criterios principales a utilizar son los siguientes:

- **Frecuencia de falla (FF):** la cantidad de oportunidad que falla cualquier componente.
- **Impacto operacional (IO):** nivel de servicio que se ve afectado
- **Flexibilidad operacional (FO):** visualiza la existencia de otras alternativas o en paralela.
- **Costos de mantenimiento (CM):** indica el desembolso económico que se realiza por el mantenimiento.
- **Impacto en seguridad, ambiente e higiene (ISAH):** determina la oportunidad de eventos no previsto ni deseados que causen daños al ser humano , equipo, medio ambiente, instalaciones u otro.

Tabla 11

Criterios para la evaluación de la criticidad

Frecuencia de Fallas (FF)	Ponderación
mayor o igual a 8 fallas al mes	3
de 5 a 7 fallas al mes	2
de 2 a 4 fallas al mes	1
menor o igual a 4 falla al mes	0
Impacto Operacional (IO)	
para inmediata de toda la producción	10
afecta más del 50 % de la producción	7
afecta menos del 50% de la producción	5
no afecta a la producción	3
Flexibilidad Operacional (FO)	
no se dispone de otro equipo igual o similar	4
el sistema puede seguir funcionando	1

se dispone de otro equipo igual o similar	5
Costo de Mantenimiento (CM)	
más de 5000 soles	2
entre 1000 A 5000 soles	5
menos de 1000 soles	2
Impacto de Seguridad Ambiente Higiene (ISAH)	
afecta a la seguridad humana	6
afecta el medio ambiente produciendo daño reversibles	4
afecta las instalaciones causando daños severos	3
provoca daños menores	4
provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	3
no provoca ningún tipo de daño a personas , instalaciones o al ambiente	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Consecuencia y frecuencias para el RCM

frecuencia	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		consecuencia				

Fuente: Elaboración propia

Detalle:

NC: No critico

MC: Semi-critico

C: Critico

3.2.8.3. Pasó 3.- determinar el resultado del análisis de crítico:

De esta manera aumentaremos la disponibilidad de los grupos electrógenos tomando decisiones acertadas de forma efectiva y asertiva priorizando los equipos y procesos de acuerdo al resultado.

Tabla 13

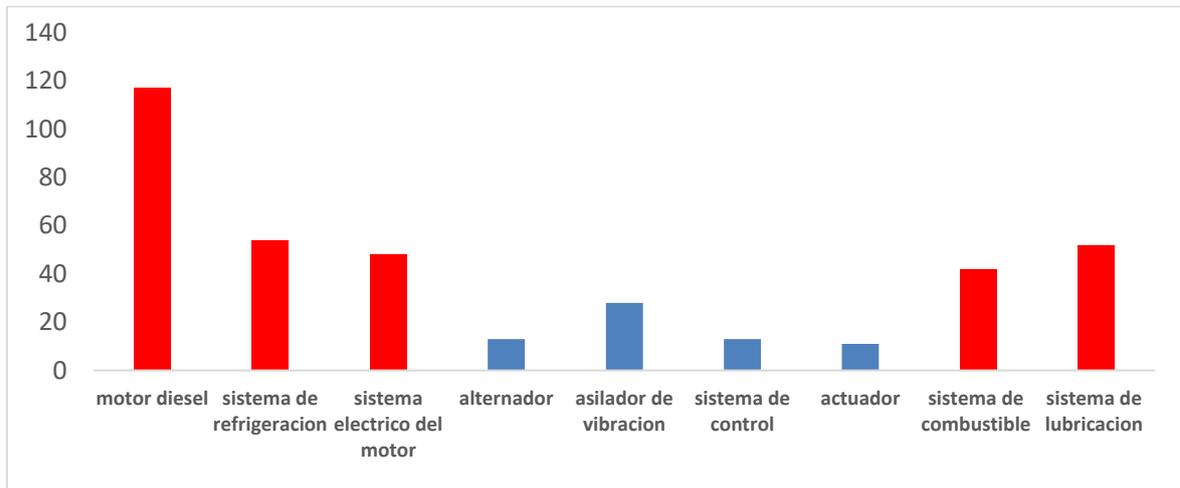
Resultado de análisis de criticidad

Ítem	Sistema y componentes	ISA				Consecuencia	CT	Resultado
		FF	IO	FO	H			
1	motor diésel	3	10	5	4	39	117	critico
2	sistema de refrigeración	2	10	5	2	27	54	critico
3	sistema eléctrico del motor	2	8	4	4	24	48	critico
4	alternador	1	8	3	2	13	13	no critico
5	aislador de vibración	2	5	2	2	14	28	no critico
6	sistema de control	1	10	2	1	13	13	no critico
7	actuador	1	7	3	1	11	11	no critico
8	sistema de combustible	2	7	5	2	21	42	critico
9	sistema de lubricación	2	8	8	2	26	52	critico

Fuente: Elaboración propia

Figura 32

Sistemas Críticos de los Grupos Electrógenos



Fuente: elaboración propia

Como se observa en el grafico las columnas sombreadas de color rojo representa la condición de los componentes en estado crítico que son de carácter urgente de resolver por lo que la investigación se centrara únicamente en esos componentes.

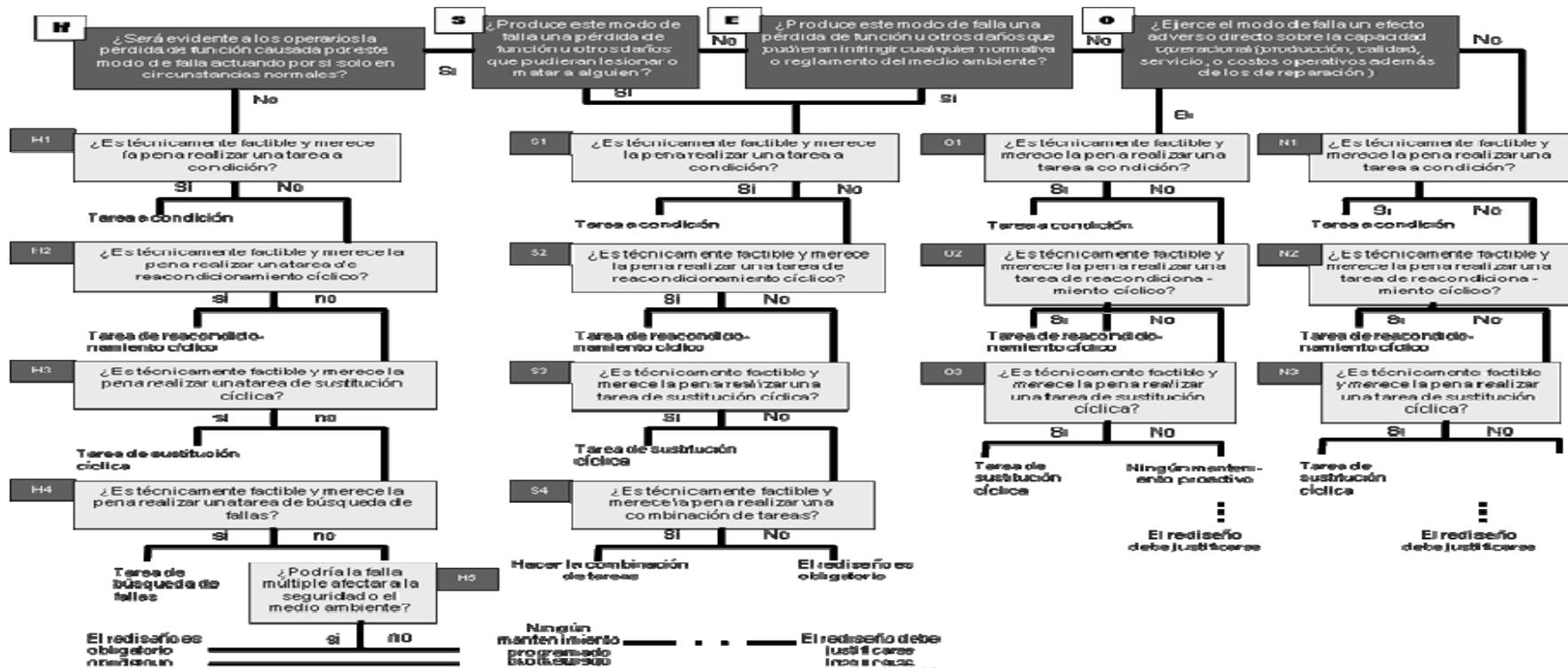
3.2.8.4. Pasó 4 y 5: desarrollo de la hoja de trabajo AMEF (análisis del modo efecto y falla)

Consiste en elaborar un diagrama donde se resume los criterios más relevantes que afectan el funcionamiento como se observa en la figura Nro. 33 donde las hojas de información y de decisiones nos permite rastrear fallas en los diferentes sistemas y procesos, también evaluar y clasificar de manera puntual sus efectos y causas evitando de esta manera que ocurra teniendo un método documentado y certificado de prevención.

Clasificamos las fallas más críticas de los grupos electrógenos de acuerdo a su importancia donde los integrantes evaluaron de la siguiente manera.

Figura 33

Análisis del modo efecto y falla (AMEF)



Fuente: (gallego, 2008)

Asimismo se estructuró un primer formato que se muestra en la figura Nro. 34 de información del RCM. En donde queda registrada la identificación, descripción, modo de falla, efecto de falla y las recomendaciones.

Figura 34

Análisis AMEF-Hoja de información de RCM.

RCM HOJA DE INFORMACIÓN		SISTEMA:		
		SUBSISTEMA:		
	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (Perdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de la falla)	EFECTO DE FALLA
1		A	1	
			2	
			3	
			4	

Fuente: (gallego, 2008)

Tabla 14

Análisis AMEF-hoja de información RCM para el motor diésel

Hoja de Información RCM		Equipo: Grupo Electrónico	Realizado por:	Fecha:	
		Sistema: Motor Diésel	Revisado por:	Fecha:	
Ítem	Identificación	Falla Funcional	Modos de Falla (causas)	Efecto de Falla	Recomendaciones
1	Usar aceite de buena calidad	A Reducción de tiempo de vida útil del motor	1.-Aceite de mala calidad	<p>Aumenta las emisiones de gases</p> <p>Desgaste de piezas internas por mala lubricación</p> <p>Recalentamiento de las piezas internas</p> <p>Consumo de aceite</p>	<p>Utilizar aceite en óptima calidad que mejore el rendimiento del motor según manual de fabricante</p> <p>Verificar el nivel de aceite antes de cada funcionamiento</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el motor diésel

Hoja De Decisión RCM		Sistema:					Nro.			Realizado por:			Fecha:					
		Subsistema:					Ref.			Revisado por:			Fecha:					
Información de referencia		Evaluación de las consecuencias					H 1	H 2	H 3	Acciones a falta de								
							S1 O 1 N 1	S2 O 2 N 2	S3 O 3 N 3									
F	FF	MF	H	S	E	O	H4	H5	S4	Tarea propuesta			Intervalo inicial			Puede ser realizado por		
1	A	1	S	N	S		N	N	S	Inspección periódica del motor			Cada dos semanas			Personal de inspección		



Fuente: elaboración propia

Tabla 16

Análisis AMEF-hoja de información RCM para el sistema de refrigeración

Hoja de Información RCM	Equipo:	Realizado por:	Fecha:	
	Grupo electrógeno			
	Sistema:	Revisado por:	Fecha:	
	Sistema de Refrigeración			

Ítem	Identificación	Falla funcional	Modos de falla (causas)	Efecto de falla	Recomendaciones
1	Utilizar refrigerante de buena calidad	A	1.- Refrigerante de mala calidad	Degradación por sobrecalentamiento	utilizar refrigerante de buena calidad
			2.- temperatura del refrigerante por encima de los 90 grados	Oxido y corrosión de radiador	
				Resequedad de mangueras	de utilizar refrigerante que soporte altas temperaturas
				Soplado de culata	
			3.-Bomba de agua defectuoso	Ruidos rechinamiento	de Se recomienda realizar pruebas de funcionamiento con el fin de escuchar ruidos anómalos
		4.-Tapón de radiador defectuoso	Perdida de presión por mal sellado del tapón de radiador	Revisar el tapón del radiador con el fin de presenciar fuga de vapor	
		5.- Mangueras de circulación con fugas	Abrazadera desajustadas Fisuras en los tubos de refrigeración ocasionando perdida	Antes poner en funcionamiento se recomienda realizar una inspección visual de las mangueras con el fin de presenciar fuga de refrigerante	

Implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos de la empresa CONSORCIO NAVAL e INDUSTRIAL S.A.C.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el sistema de refrigeración

Hoja de Decisión RCM		Sistema:	Nro.	Realizado por:	Fecha:										
		Subsistema:	Ref.	Revisado por:	Fecha:										
Información de Referencia	Evaluación de las Consecuencias						H 1	H 2	H 3	Acciones A Falta De			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser Realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5			
							O 1	O 2	O 3						
1	A	1	S	N	S		S						verificar la temperatura del agua del sistema	4 horas	Operador de grupo
													Verificar la existencia de óxido y corrosión del radiador	7000 horas	Personal de inspección
													Sustituir las mangueras del sistema de refrigeración	7000 horas	Personal de mantenimiento
1	A	2	S	N	S		N	S					verificar si el aceite esta mezclado con líquido refrigerante (aceite lechoso)	Antes de cada lanzamiento	Personal de inspección
1	A	3	S	N	S		S						Verificar si existe ruidos extraños en la bomba de gua	1000 horas	Personal de inspección
1	A	4	S	N	S		N	S					Verificar si existe fuga de presión por la tapa del radiador	7000 horas	Personal de inspección
1	A	5	N				N	N	S				Verificar /ajustar las abrazaderas del sistema de refrigeración	1000/500 horas	Personal de mantenimiento

Verificar si existen fugas en los componente del sistema	4 horas	Operador de grupo
--	---------	-------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Análisis AMEF-hoja de información RCM para el sistema eléctrico del motor

Hoja de Información RCM		Equipo: Grupo Electrónico	Realizado por:	Fecha:	
		Sistema: Sistema Eléctrico del motor	Revisado por:	Fecha:	
Ítem	Identificación	Falla funcional	Modos de falla (causas)	Efecto de falla	Recomendaciones
1	proveer fuente de energía estable	A falla en la batería	1.-inactividad de la batería 2.-materiales conductores 3.-deficiente generación de energía	ocasiona desgaste y corrosión de terminales de la batería arranque retardado bornes sulfatados placas quemadas	efectuar limpieza y ajuste de los terminales de la batería verificar el voltaje de la batería con un multímetro efectuar el reemplazo de los bornes efectuar el cambio de batería por tiempo de vida útil según recomendaciones de fabricante

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Análisis AMEF-hoja de información RCM para el sistema de combustible

Hoja de Información RCM	Equipo:	Realizado por:	Fecha:	
	Grupo electrógeno			
	Sistema:	Revisado por:	Fecha:	
	Sistema de Combustible			

Ítem	Identificación	Falla Funcional	Modos de falla (causas)	Efecto de Falla	Recomendaciones
1	mejora en el suministro de combustible	A Inyecta el combustible de manera deficiente	1.-Inyectores de combustible sucios y tapados	Demora en el arranque e inestabilidad del motor Perdida de potencia	Se recomienda efectuar la limpieza de inyectores
		B No protege al sistema de combustible de impurezas	1.-Deterioro de filtro 2.-Obstrucción de filtro	Disminución de presión del combustible Formación de hollín en la cámara de combustión	Revisar el nivel de combustible

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el sistema de combustible

Hoja de Decisión RCM		Sistema:						Nro. Realizado por:			Fecha:				
		Subsistema:						Ref.	Revisado por:	Fecha:					
Información de referencia			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acciones A Falta De					
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	Tarea Propuesta			Intervalo inicial	Puede ser Realizado por	
							O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							1	2	3						
1	A	1	S	N	S		S						Sustituir los inyectores del combustible	1000 horas	Personal de mantenimiento
1	B	1	S	N	S		S						Sustitución de filtro de combustible	500 horas	Personal de mantenimiento
													Verificar y limpiar la porta filtro de combustible	500 horas	Personal de mantenimiento
1	B	2	S	N	S		N	N	S				Limpiar tanque de combustible	Una vez al año	Personal de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Análisis AMEF- hoja de información RCM para el sistema de lubricación

Hoja de Información RCM		Equipo:	Realizado por:	Fecha:
Hoja de Información RCM		Sistema:	Revisado por:	Fecha:
		Grupo Electrónico		
		Sistema de lubricación		



Ítem	Identificación	Falla funcional	Modos de falla (causas)	Efecto de falla	Recomendaciones	
1	Mejora en el suministro de lubricación	A	Baja presión de lubricación	Contaminación interna	Revisar la varilla de medidor de aceite para evidenciar contaminación de combustible o refrigerante	
				1.-Aceite contaminado	Obstrucción de los conductos	Efectuar el cambio de aceite de acuerdo a la condición de la misma
				2.-Aceite inadecuado	Sobrecalentamiento de motor ocasionando rozamiento y recalentamiento de piezas internas	Usar aceite según manual de fabricante
				3.-Pernos del Carter sueltos	Contaminación del suelo Pérdida de lubricante	Apretar los tornillos utilizando el par de apriete recomendado por el fabricante
				4.-Deterioro del tapón de vaciado de aceite	Disminución de aceite por fuga	Se recomienda efectuar un correcto roscado del tapón del Carter
			Piñón de impulso roto	5.-Desgastes internos de los componentes	Baja presión de aceite en el sistema Verificar periódicamente el manómetro de presión del	
				Motor se apaga		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Análisis AMEF-hoja de decisión RCM para el sistema de lubricación

Hoja de Decisión RCM		Sistema:						Nro. Realizado por:			Fecha:		
		Subsistema:						Ref. Revisado por:			Fecha:		
													
Información de Referencia	Evaluación de las Consecuencias							Acciones A Falta De			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	Puede ser Realizado por
	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3			
								S1	S2	S3			
								O1	O2	O3	H4	H5	S4
								1	2	3			
								N1	N2	N3			
								1	2	3			
1	A	1	S	N	S			S			Sustituir el filtro de aceite	500 horas	Personal de mantenimiento
Lavar Carter													
1	A	2	S	N	N	S	S				Revisar y limpiar los conductos de la base del filtro de aceite	1000 horas	Personal de mantenimiento
1	A	3	S	S			S				Análisis de aceite	2000 horas	Personal de inspección
1	A	4	N				S				Verificar y ajustar los pernos del Carter del motor	500 horas	Operador de grupo
1	A	5	S	N	N	S	S				Reemplazo de tapón de vaciado de aceite	Una vez al año	Personal de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

3.2.8.5. Paso 6.-elaboracion del plan de mantenimiento y la acción de mejora

Se procederá a realizar una serie de tareas preventivas adicionales para mejorar el plan de mantenimiento actual el cual tiene la finalidad de incrementar la disponibilidad y confiabilidad, terminando ello se procederá a mencionar las indicaciones de mantenimiento en la tabla Nro. 24

Tabla 24

Elaboración del nuevo plan de mantenimiento

Ítem	Sistema y Componentes	Operación de Mantenimiento	Sema	Sema	Sema										
			na 1	na 2	na 3	na 4	na 5	na 6	na 7	na 8	na 9	na 10	na 11	na 12	
1	motor diésel	inspección periódica del motor	x			x				x			x		
		reajuste de pernos y tuercas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		tensar fajas y correas	x		x		x		x		x		x		x
		limpieza de toberas de inyección	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		verificar la temperatura del agua del sistema	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	sistema de refrigeración	verificar la existencia de óxido y corrosión del radiador	x				x					x			
		sustituir las mangueras del sistema de refrigeración							x						
		verificar si el aceite esta mezclado con líquido refrigerante (aceite lechoso)	x		x		x			x		x		x	
		verificar si existe ruidos extraños en la bomba de gua	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		verificar si existe fuga de presión por la tapa del radiador	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

		verificar /ajustar las abrazaderas del sistema de refrigeración		x		x		x		x
		verificar si existen fugas en los componente del sistema		x		x				x
		Limpieza y soplete (exterior) con aire comprimido al radiador.						x		
		sustitución de refrigerante								
		revisar los carbones o diodos rectificadores del generador		x	x	x	x	x	x	x
		revisar las conexiones de los cables y bornes de la batería y arrancador		x	x	x	x	x	x	x
3	sistema eléctrico	verificar el aislamiento del generador eléctrico, llevar registro		x	x	x	x	x	x	x
		limpieza de terminales		x	x	x	x	x	x	x
		mantenimiento de los bornes		x	x	x	x	x	x	x
		reemplazo de bornes								
		reemplazo de batería								
		comprobar el estado de una batería por medio de un polímetro		x		x				x

4	sistema de combustible	sustituir los inyectores del combustible			X			
		sustitución de filtro de combustible			X			
		limpieza de tanque de combustible			X			
		verificar y limpiar la porta filtro de combustible	X	X	X	X	X	X
5	sistema de lubricación	sustituir el filtro de aceite			X			
		revisar y limpiar los conductos de la base del filtro de aceite	X		X		X	
		análisis de aceite			X			
		verificar y ajustar los pernos del Carter del motor	X	X	X	X	X	X
		cambio de aceite			X			
		lavar Carter			X			
	reemplazo de tapón de vaciado de aceite			X				

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivo de las variables del estudio

4.1.1. Disponibilidad de los grupos electrógenos de la empresa Consorcio Naval e Industrial S.A.C.

Los grupos electrógenos presentan un comportamiento inestable respecto a su disponibilidad y están trabajando por debajo del objetivo de mantenimiento (90%). Esto se observa durante el periodo de julio 2021 a julio 2022 como se muestra en la Figura Nro. 36 donde se presentó una caída abrupta de la disponibilidad.

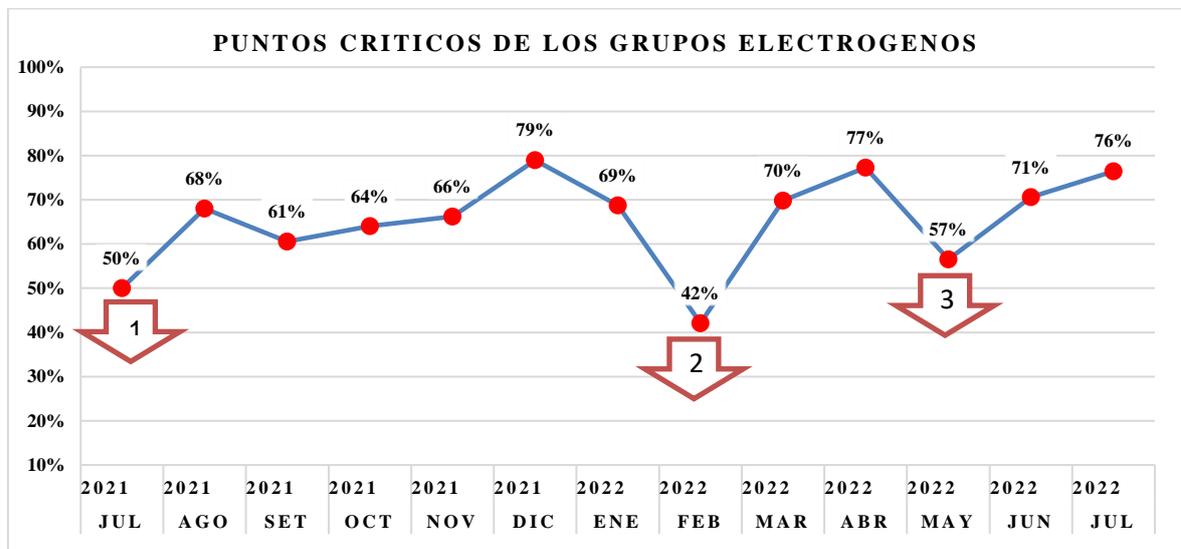
Por otro lado se identificaron tres Puntos críticos como se detalla a continuación:

- **Punto crítico 1.-** El mes de julio del 2021; la disponibilidad de las maquinas tuvo un nivel muy bajo de 50% este problema se presentó debido al pase de aceite al sistema de refrigeración causando recalentamiento en el motor, también hubo problemas en el sistema eléctrico que son las bobinas de encendido.
- **Punto crítico 2.-** En el mes de febrero 2022 se presentó nuevamente una baja significativa en la disponibilidad de un 42% causado por problemas en el sistema de refrigeración, en adición se presentó problemas en el manómetro del nivel de combustible y botón de encendido la cual se demoró 3 días para solucionar el problema.
- **Punto crítico 3.-** por último, en el mes de mayo del 2022 la disponibilidad de la maquinas se registró en un 57% originado nuevamente por desperfectos en el sistema de refrigeración por culata soplada, también se presentó problemas en el filtro de aceite y filtro de combustible.

Por lo que se observa la disponibilidad no ha llegado al 90% en ninguna fecha. Siendo el pico más alto el 79% en el mes de diciembre del 2021.

Figura 36

Puntos críticos de la disponibilidad de los grupos electrógenos durante el periodo de julio 2021 a julio 22



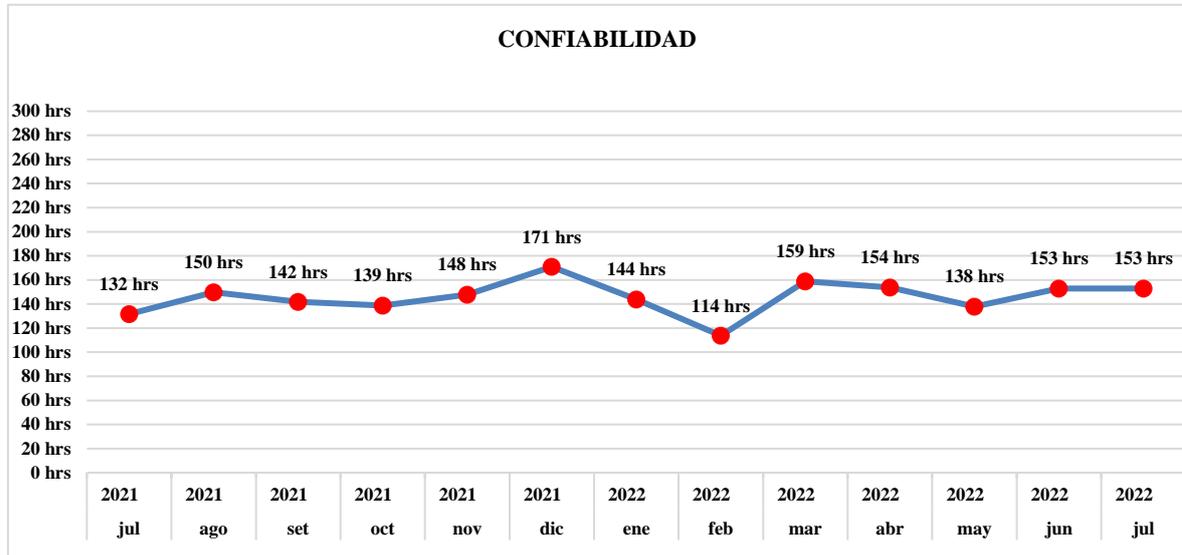
Fuente: elaboración propia

4.1.2. Confiabilidad De Los Grupos Electrógenos

En la figura Nro. 37 durante el periodo de julio 2021 a julio 2022 se observa una variación de la confiabilidad de los grupos electrógenos, donde se registraron fallas en los equipos en un promedio de 396 horas, lo cual tuvo lugar en julio 2021 , además solo se presentaron 3 averías logrando un MTBF de 132 horas. Asimismo, el promedio total de la confiabilidad de los grupos electrógenos durante el periodo de julio 2021 a julio 2022 fue de 146 horas.

Figura 37

Confiabilidad de los grupos electrógenos



Fuente: Elaboración propia

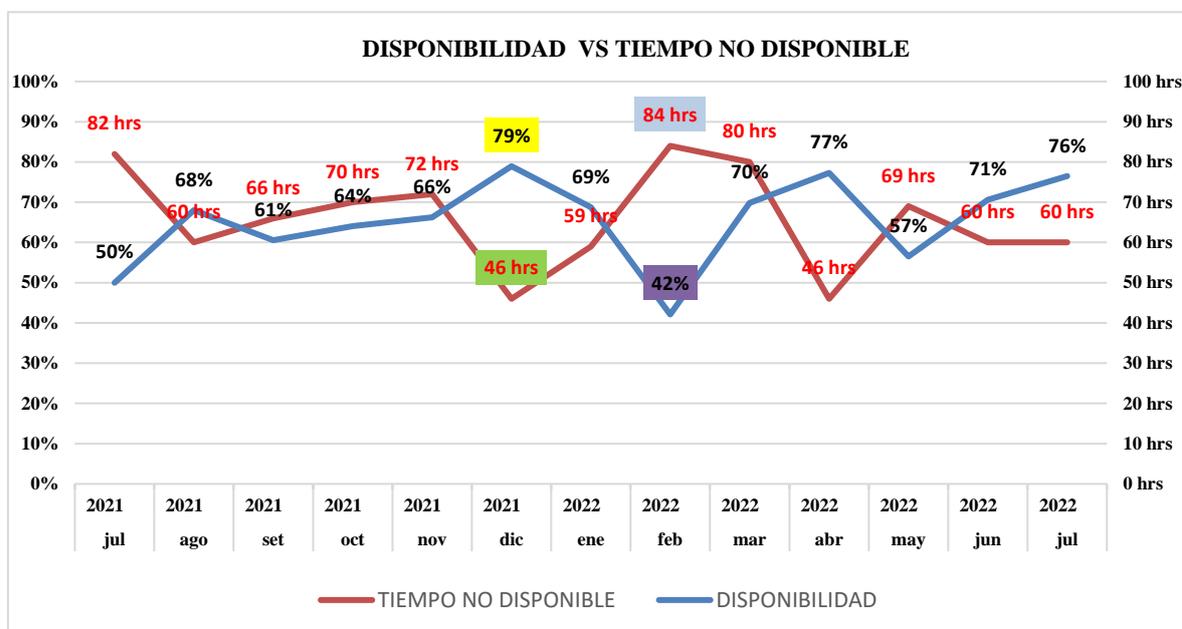
Del total de los grupos electrógenos se registraron un promedio de 1200 detenciones, de los cuales los sistemas de motor diésel, sistema de refrigeración, sistema eléctrico, sistema de combustible y sistema de lubricación, representan 850 de las detenciones durante el periodo julio 2021 y julio 2022, dicha cantidad representa el 71%, es decir más de la mitad de las fallas se deben a los problemas en los sistemas identificados.

4.1.3. Tiempo disponible de los grupos electrógenos:

En la figura Nro. 38 Se muestra la comparación entre la disponibilidad y el tiempo no disponible productivo de los grupos electrógenos, en el mes de diciembre del 2021 se observa la disponibilidad más alta con un 79% originando una pérdida de 46 horas en producción, en febrero del 2022 se obtuvo la disponibilidad más baja con un 42% dando origen a 84 horas de pérdida en la producción, durante el periodo de julio 2021 a julio 2022 el tiempo promedio no disponible en dicho periodo es de 66 horas.

Figura 38

Disponibilidad vrs Tiempo no Disponible de los Grupos Electr6genos



Fuente: Elaboración propia

4.2. Resultados obtenidos

A inicios del mes agosto 2022 se tomó la decisión de implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM por un periodo de prueba hasta diciembre 2022 obteniendo resultados positivos como se detalla.

4.2.1. Resultado del indicador de la disponibilidad

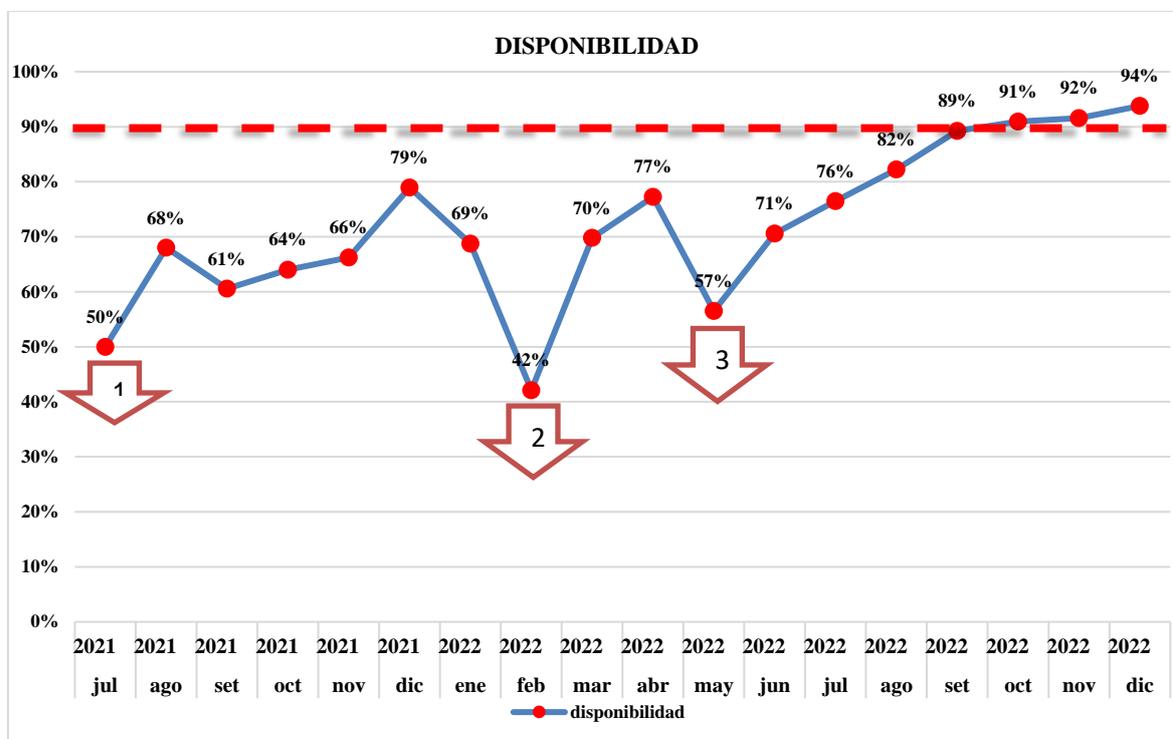
Como se observa en la figura Nro. 39 al implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM), la disponibilidad de los grupos electrógenos incremento a partir del mes de agosto con un ligero aumento del 82%, en setiembre alcanzo un 89%, en octubre 91%, en noviembre 92% y en diciembre un 94% , cuyo promedio total fue de 92% en comparación a los meses anteriores

donde el promedio total fue de 67%, el cual fue superado por el promedio de inicio de prueba registrado en los últimos 5 meses.

Además, se produjo un incremento positivo de un 25% con relación al promedio de disponibilidad de los meses anteriores lográndose superar la disponibilidad deseada del 90%

Figura 39

Resultado de la disponibilidad de los grupos electrógenos



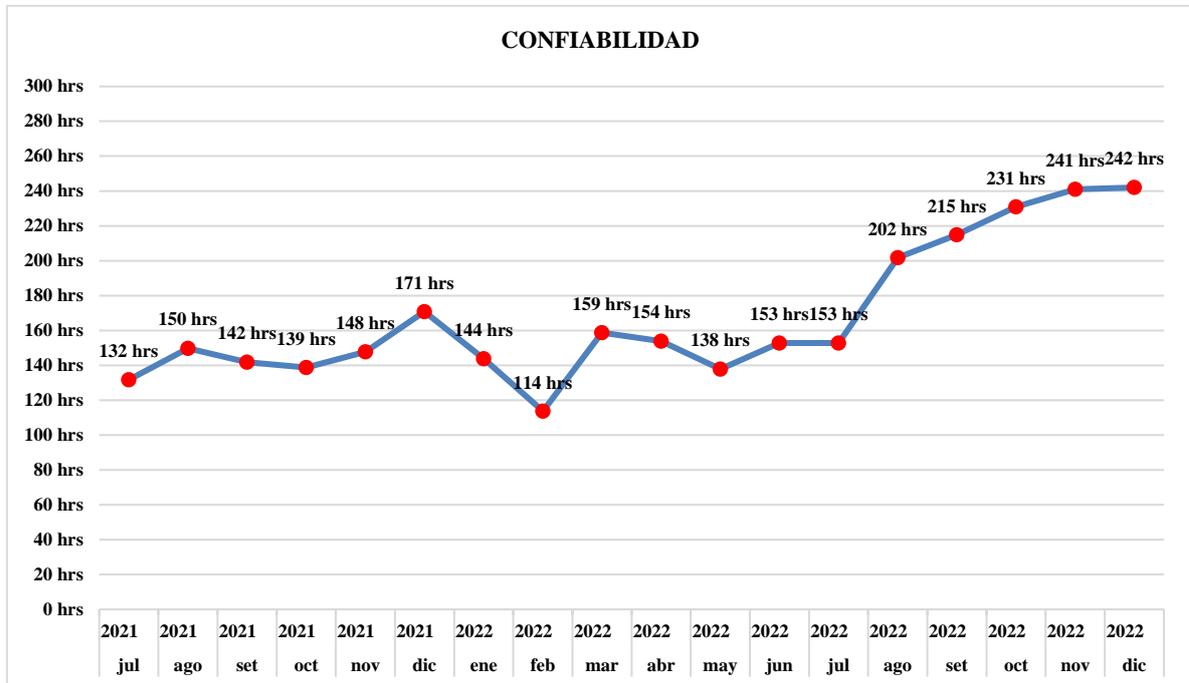
Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Resultado del indicador de la confiabilidad

La implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM dio como resultado la mejora en el tiempo promedio entre fallas MTBF. El tiempo de los grupos electrógenos que no presentaron fallas aumento de 396 a 484 horas generándose solo dos averías en el mes de diciembre 2022 logrando un MTBF de 242

Figura 40

Resultado del indicador de la confiabilidad



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la figura Nro. 40 a partir de los meses de prueba agosto 2022 a diciembre 2022 se presentó una mejora de la confiabilidad al incrementarse las horas promedio de no presentarse falla. El tiempo promedio de no haber evidenciado falla alguna durante los meses de prueba fue de 226 horas, incrementando así las horas promedio en 80 horas adicionales en comparación al periodo julio 2021 a julio 2022.

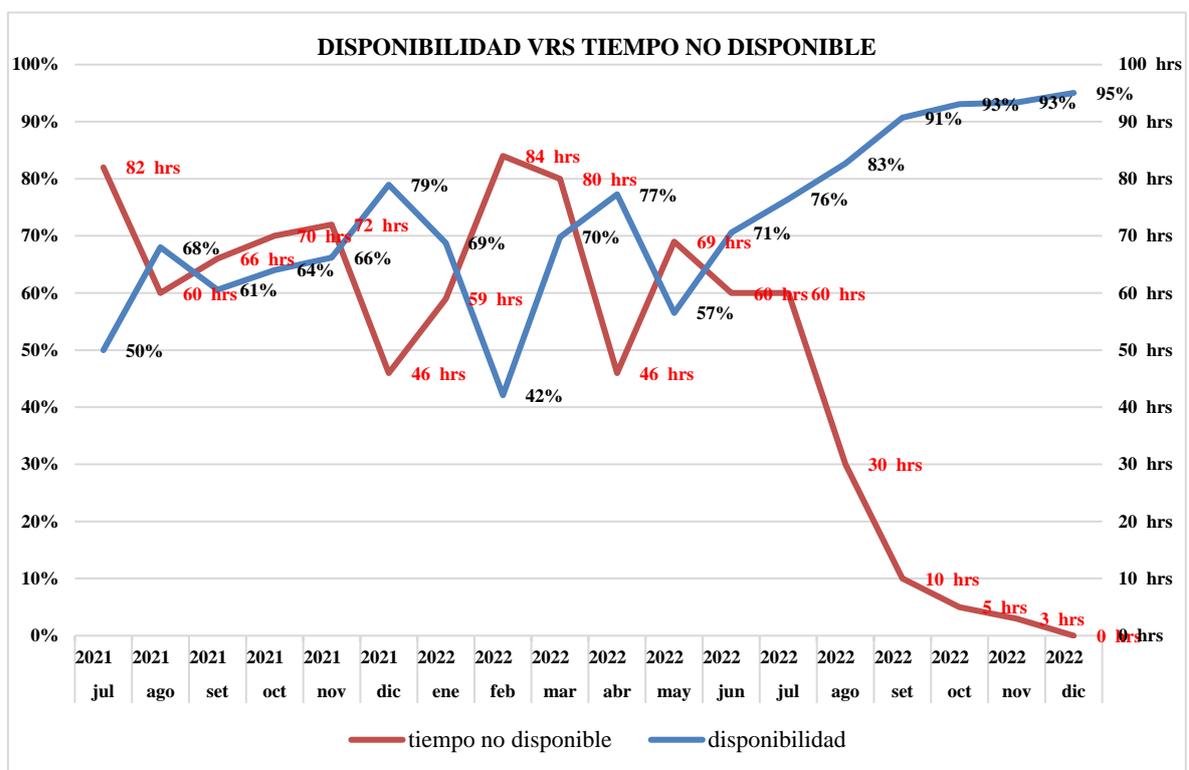
4.2.3. Resultado de los tiempos disponibles|

Al implementar la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM, en la figura Nro. 41 se observa que la disponibilidad incrementa y el tiempo no disponible disminuye a partir del mes de agosto del 2022 con un 83% y 30 horas respectivamente, en el mes de setiembre la disponibilidad incrementa a un 91% y el tiempo no disponible continua disminuyendo esta vez en

10 horas, en el mes de octubre la disponibilidad tuvo un incremento del 93% y 5 horas de tiempo no disponible, en el mes de noviembre la disponibilidad se mantuvo con respecto al mes anterior pero el tiempo no disponible disminuyó en 3 horas esto se debe a que se realizó una hora de mantenimiento programado en dicho mes, por último, en el mes de diciembre la disponibilidad presentó el incremento más significativo con un 95% y 0 horas de tiempo no disponible.

Figura 41

Resultado disponibilidad vrs tiempo no disponible



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al desarrollar la investigación, se ejecutó la implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM obteniendo resultados favorables en la disponibilidad durante el periodo de prueba cuyo promedio fue de 92% en comparación al promedio anterior 25 % antes de implementar dicha metodología, lográndose superar la disponibilidad deseada del 90%.

Con respecto a la confiabilidad luego de haber implementado la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad se logró que el tiempo medio entre fallas (MTBF) aumentara de 132 a 242 horas, además las horas promedio de no presenciar fallas fue de 226 horas lo cual significó un incremento de 80 horas adicionales en referencia al periodo julio 2021 a julio 2022, incrementando la confiabilidad de los grupos electrógenos. Marca Perkins.

Para culminar, la ejecución de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM permitió que el tiempo no disponible disminuyera a partir del primer mes de prueba, logrando que en el mes de diciembre del 2022 la disponibilidad se incrementara en un 95% y el tiempo no disponible disminuyera en 0 horas.

5.2. Recomendaciones:

Luego de revisar los resultados obtenidos durante el periodo de prueba de la implementación de la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM, se recomienda continuar con el programa de mantenimiento para no disminuir la disponibilidad y confiabilidad de los grupos electrógenos y mantener la capacidad operativa de estos equipos.

También, se recomienda la capacitación constante del personal de mantenimiento con el fin de mejorar sus conocimientos y expandir la metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad RCM a los sistemas menos críticos.

Por último, realizar seguimiento y supervisión al personal de mantenimiento al momento de ejecutar el programa de mantenimiento.

REFERENCIAS

- andrade quiroz raul humberto, r. r. (2020). Propuesta de la metodología RCM en la gestión de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de la línea de chancado en una empresa minera . Lima-Peru: Universidad peruana de ciencias aplicadas .
- atencia montes lina marcela, m. t. (2021). Planteamiento de actividades y procedimientos de mantenimiento en equipos biomedicos con base en analisis RCM . Antioquia-colombia : Universidad de antioquia .
- c, a. j. (2008). mantenimiento centrado en la confiabilidad como estrategia para apoyar lo indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la planta oscar a. machado EDC . caracas-venezuela: Energetica .
- carlos ernesto bocanegra rivera, c. r. (2018). rango de potencia y tipo de fallas en grupos electrogenos instalados en operaciones industriales . lima-peru: universidad privada del norte .
- carlos, r. a. (2020). Desarrollo de RCM en equipo critico planta moly COP CHILE . Concepcion-chile : Universidad andres bello .
- castillo, W. m. (2022). analisis de modo y efectos de fallas potenciales mecanicas en molino vertical de cemento loesche con capacidad de carga 180 tn/hr de linea de produccion misti en la empresa de cementos yura S.A. Arequipa-Peru : Universidad nacional de san agustin de arequipa .
- edison, v. p. (2021). implementacion de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM para aumentar la produccion de la empresa ceramicos pakamuros E.I.R.L - JAEN 2020. pimentel-peru: universidad señor de sipan .

gabriel, c. d. (2017). propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM

para mejorar la disponibilidad mecanica de la excavadora CAT 336 de la empresa ecosem smelter S.A. huancayo : universidad nacional del centro del peru .

gallego, j. a. (2008). desarrollo de una metodologia de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para lineas de transmision en alta tension. pereira colombia : universidad tecnologica de pereira.

garzon gomez jaimé alfonso, h. a. (2008). diseño de software de mantenimiento correctivo y preventivo para optimizar el funcionamiento de los equipos registrados en la empresa coolechera . cartagena de indias-colombia : universidad tecnologica de bolivar.

jhony, L. m. (2022). propuesta de mejora de la gestion de mantenimiento en el sistema hvac del aeropuerto internacional jorge chavez utilizando la metodologia rcm. Lima-Peru: Universidad peruana de ciencias aplicadas .

jordi mompo morant, v. g. (2020). implementacion de la tecnica smed. valencia - españa : area de innovacion y desarrollo s.l.

jordi mompo morant, v. g. (2020). Implementacion de la tecnica smed . Valencia- españa: area de innovacion y desarrollo S.I.

leonidas, m. r. (2022). propuesta de mejora de la gestion de mantenimiento en el sistema hvac del aeropuerto internacional jorge chavez utilizando la metodologia rcm . lima-peru: universidad peruana de ciencias aplicadas .

lopez, g. c. (2019). implementacion de la metodologia tpm para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construccion con la empresa cosapi lima 2019. lima: universidad privada del norte .

luis, c. a. (2019). elaboracion del plan de mantenimiento electrico preventivo aplicado a los grupos electrogenos de la empresa adeprosac san isidro 2019. el salvador .

marco hurtado, j. e. (2019). analisis de riesgo segun la metologia fmea. basado en el sistema de gestion de calidad . unviersidad santiado de cali, facultad de ingenieria , 15.

mendoza alcarraz piero antony, u. p. (2020). implementacion de la metodologia RCM en el area rental de la empresa unimaq para mejorar la disponibilidad de los grupos electrogenos OLYMPIAN-CATERPILLAR. lima-peru: universidad privada del norte .

mendoza alcarraz piero, u. p. (2020). implementacion de la metodologia RCM en el area rental de la empresa unimaq para mejorar la disponibilidad de los grupos electrogenos . lima .

moubray, j. (2004). mantenimiento centrado en la confiabilidad . aladon itd-gran bretaña: industrial press inc.

patricio, a. z. (2017). implementacion de la metodologia rcm para los vehiculos de emergencia del benemerito cuerpo de bomberos voluntarios de cuenca. cuenca: universidad politecnica salesiana sede cuenca .

pinedo, E. v. (2021). mplementacion de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM para aumentar la produccion de la empresa ceramicos pakamuros E.I.R.L - JAEN 2020. Pimentel-Peru: Universidad señor de sipan .

quintana perez walter adolfo, b. m. (2015). Programa de mantenimiento basado en RCM en la empresa Confeccionarte S.A.S. medellin-colombia : institucion universitaria pascual bravo.

roberto, a. g. (2020). desarrollo de RCM en equipo critico planta moly COP CHILE . concepcion -chile : universidad andres bello .

roman, a. g. (2019). gestion del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad immaculada-ayacucho de la empresa union de concreteras s.a. callao-peru: universidad nacional del callao .

romero, s. b. (2018). modelo multicriterio aplicado a la toma de decisiones representantes en diagramas de ishikawa . bogota : universidad distrital francisco jose de caldas .

ronal coqui monge nicolas, m. y. (2019). estrategias del RCM y su influencia en la confiabilidad de los equipos para la tintoreria de la empresa sur color star s.a. callao-peru : universidad nacional del callao .

sanchez, a. m. (2013). aplicacion de herramientas rcm para el incremento de la confiabilidad operativa del equipo de moldura de cristar s.a. pereira colombia : universidad tecnologica de pereira .

velasquez, j. a. (2018). aplicacion de RCM como estrategia de implementacion del mantenimiento predictivo para la metodologia TPM . medellin-colombia : universidad nacional de colombia.

wilfredo, m. c. (2022). analisis de modo y efectos de fallas potenciales mecanicas en molino vertical de cemento loesche con capacidad de carga 180 tn/hr de linea de produccion misti en la empresa de cementos yura S.A. arequipa-peru: universidad nacional de san agustin de arequipa .

yessica mabel chacaliaza barrantes, e. m. (2021). Aplicacion de la metodologia RCM mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de equipos de carguio y acarreo en una empresa minera de cajamarca 2021 . Cajamarca-Peru: Universidad privada del norte .

ANEXOS

ANEXO N° 1. Capacitación de los técnicos de servicio.



ANEXO N° 2. Trabajos de tornería.



ANEXO N° 3. Trabajos de mantenimiento correctivo a los grupos electrógenos.



ANEXO N° 4. Familia Consorcio Naval e Industrial S.A.C.



ANEXO N° 5. Familia Consorcio Naval e Industrial S.A.C.



ANEXO N° 6. Informe técnico realizado a los grupos electrógenos



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

INFORME TÉCNICO N° 092-2022

ACTIVIDAD : EVALUACIÓN DEL GRUPO ELECTROGENO

1. OBJETIVO:

El objetivo del presente documento es realizar la evaluación técnica correspondiente al grupo electrógeno

2. NORMA TECNICA:

- Código Nacional de Electricidad
- Sección 180 "Motores y Generadores"

3. GENERALIDADES:

Es importante cumplir con su mantenimiento preventivo, así poder detectar las posibles fallas o problemas que presente el generador eléctrico, y corregirlas oportunamente para evitar daños mayores, y llegar a un mantenimiento correctivo

Con el mantenimiento de rutina, puede evitar que un problema menor se convierta en un problema grave. Esto no solo le permitirá evitar los costos del reemplazo de equipos y del tiempo de inactividad no programado, sino que además mejorará la seguridad de su lugar de trabajo ya que minimiza los riesgos en su instalación.

Consortio naval e industrial s.a.c. cuenta con personal capacitado para desarrollar actividades de diseño, supervisión y montaje de instalaciones, máquinas

Eléctricas, sistemas de medición y control, tableros eléctricos y redes de distribución en sistemas de media y baja tensión, aplicando criterios innovadores tecnológicos, para los mantenimientos preventivos y correctivos.

4. EVALUACION:

Se procedió a la evaluación correspondiente del Grupo Electrónico marca perkins de 88KW se observó lo siguiente:

- Se procedió a revisar los niveles de refrigerante, combustible, aceite entre otros después se instaló una batería para su prueba correspondiente dando como resultado en sus parámetros eléctricos lo siguiente:
 - Prueba de voltaje nominal en las tres fases de salida de 220 voltios normal
 - Frecuencia nominal de 60hz normal
 - Temperatura del motor normal
 - Rpm 1800

Se realizó las pruebas con carga dando como resultado en óptimas condiciones de trabajo.



5. CONCLUSION

- a. Se concluye que el grupo electrógeno requiere mantenimiento preventivo, así cumplir su programa de mantenimiento para su correcto funcionamiento y alargar la vida del motor y generador.
- b. Presenta en su desprendimiento de pintura y oxidación en la carreta de transporte y en la capsula del grupo electrógeno.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el siguiente mantenimiento que a continuación se detalla:
 - Cambio de aceite
 - Cambio de filtro de aceite según muestra
 - Cambio de filtro de aire según muestra
 - Cambio de filtro de combustible según muestra
 - Cambio del refrigerante.
 - Cambio de batería
 - Instalar un tablero de transferencia manual y/o automático

- Se recomienda realizar trabajo de pintado y tratamiento de la carreta de transporte y capsula del grupo electrógeno.

7. PROCEDIMIENTO PARA EL ENCENDIDO DEL GRUPO ELECTROGENO

El operador realizara el siguiente procedimiento:

- a. Antes de encender el grupo electrógeno verificar los niveles de aceite y refrigerante.
- b. Tener en cuenta las horas de trabajo del grupo electrógeno cada 250 horas para su respectivo mantenimiento preventivo.
- c. Caliente el motor, haciéndolo funcionar a una velocidad de ralentí baja durante 5 a 10 minutos para que se caliente. Empiece a trabajar una vez realizada esta operación.
- d. La operación de calentamiento hace circular el lubricante por el motor, de este modo, las distintas piezas del motor se lubrican bien antes de someterse a fuertes cargas. La operación de calentamiento hace circular los lubricantes por el motor, lo cual contribuye a prolongar la vida útil y a economizar el funcionamiento.

- e. No realice la operación de calentamiento durante mucho tiempo, porque se acumula carbono en los cilindros, lo cual conlleva una combustión incompleta.
- f. Antes de detener el motor, déjelo funcionar en ralentí en primera marcha durante 5 a 6 minutos para que se enfríe. Si se detiene el motor inmediatamente después de un funcionamiento a alta carga, las piezas del motor se calentarán y se acortará la vida útil del motor.

8. PRESUPUESTO (VALOR ESTIMADO)



VALOR REFERENCIAL						
MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTROGENO						
88KW / 110 KVA DE POTENCIA						
PART	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UN	METRADO	P. U	PARCIAL	TOTAL
1.00	MANTENIMIENTO DEL GG.EE 60KW/82.6KVA					S/ 5,595.00
1.01	Cambio de aceite	GAL	3.00	85.00	255.00	
1.02	Cambio de filtro de aceite según muestra	UND	1.00	80.00	80.00	
1.03	Cambio de filtro de aire según muestra	UND	1.00	180.00	180.00	
1.04	Cambio de filtro de combustible según muestra	UND	1.00	120.00	120.00	
1.05	Cambio del refrigerante	GAL	2.00	80.00	160.00	
1.06	Batería de 21 placas	UND	1.00	450.00	450.00	
1.07	Cable vulcanizado trifásico N°6	MT	60.00	28.00	1,680.00	
1.08	Tablero de transferencia manual	UND	1.00	2,500.00	2,500.00	
1.09	Tomas industriales trifásicas 3p+t	UND	2.00	45.00	90.00	
1.10	Tomas industriales monofásico 2p+t	UND	2.00	40.00	80.00	
TOTAL						S/ 5,595.00



TECNICO ESPECIALISTA
RAUL CASTILLO FERNANDEZ



SUB JEFE DE MANTENIMIENTO
ING GIANCARLOS GARCIA GUIMARAY