



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores  
BALDOR para incrementar su disponibilidad en la empresa DYC**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Churacutipa Maquera, Grecia Nadine ([orcid.org/0009-0003-2111-3573](https://orcid.org/0009-0003-2111-3573))

Narbona Casani, Jose Noel ([orcid.org/0009-0001-1191-8904](https://orcid.org/0009-0001-1191-8904))

**ASESOR:**

Mg. Cuadros Camposano, Edwin Huber ([orcid.org/0000-0001-6478-8130](https://orcid.org/0000-0001-6478-8130))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TRUJILLO – PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo va dedicado a Dios por darnos la fuerza y la perseverancia con el desarrollo de nuestra tesis, también a nuestros padres que en todo momento nos brindaron su cariño y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Los autores

## **Agradecimiento**

Agradecemos a nuestros padres por nunca dejarnos solos en este camino de desarrollo profesional, agradecemos también a nuestros docentes por todos los conocimientos y los consejos brindados en el desarrollo de esta tesis, así como a nuestro asesor de tesis por su guía y constante apoyo en este arduo pero gratificante proceso académico.

Asimismo, a nuestros amigos por su inquebrantable apoyo emocional y motivación cuyos comentarios y sugerencias enriquecieron esta investigación.

Por último, pero no menos importante, este logro no habría sido posible sin la generosidad de aquellos que participaron en entrevistas y proporcionaron valiosos datos. Su colaboración ha sido esencial para la calidad y relevancia de este trabajo.

Grecia y José

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA****Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para incrementar su disponibilidad en la empresa DYC", cuyos autores son NARBONA CASANI JOSE NOEL, CHURACUTIPA MAQUERA GRECIA NADINE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 10 de Abril del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER <b>DNI:</b> 09599387 <b>ORCID:</b> 0000-0001-6478-8130	Firmado electrónicamente por: EHCUADROS el 27-06-2024 15:07:16

Código documento Trilce: TRI – 0742719

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CHURACUTIPA MAQUERA GRECIA NADINE, NARBONA CASANI JOSE NOEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para incrementar su disponibilidad en la empresa DYC", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
NARBONA CASANI JOSE NOEL <b>DNI:</b> 76777349 <b>ORCID:</b> 0009-0001-1191-8904	Firmado electrónicamente por: JNNARBONA el 26-06-2024 13:16:13
CHURACUTIPA MAQUERA GRECIA NADINE <b>DNI:</b> 71602456 <b>ORCID:</b> 0009-0003-2111-3573	Firmado electrónicamente por: GNCHURACUTIPA el 27-06-2024 10:14:07

Código documento Trilce: INV - 1618125

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra, muestreo .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	16
3.5. Procedimientos .....	18
3.6. Método de análisis de datos .....	19
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS.....	21
V. DISCUSIÓN .....	27
VI. CONCLUSIONES .....	32
VII. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.....	42

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i> .....	17
Tabla 2. Disponibilidad actual de los motores Baldor .....	21
Tabla 3. Cuadro de 5 causas críticas encontradas en diagrama de Ishikawa.....	22
Tabla 4. Plan de mantenimiento con la mejor .....	24
Tabla 4. Disponibilidad posterior a la implementación .....	26
<b>Tabla 6</b> <i>Cuadro de tabulación en fallas de motor según diagrama de Ishikawa</i> ..	65
<b>Tabla 7</b> <i>Ficha de información RCM</i> .....	66
<b>Tabla 8</b> <i>Inversión en la elaboración del plan de mantenimiento</i> .....	71
<b>Tabla 9</b> <i>Inversión en capacitación al personal</i> .....	71
<b>Tabla 10</b> <i>Costo de servicio de mantenimiento correctivo en rebobinado de motor</i> .....	72
<b>Tabla 11</b> <i>Costo recurrente en un plan de mantenimiento preventivo anual</i> .....	73
<b>Tabla 12</b> <i>Beneficio mensual con el plan de mantenimiento</i> .....	74
<b>Tabla 13</b> <i>Flujo de caja</i> .....	75
<b>Tabla 14</b> <i>Indicadores económicos</i> .....	76

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Principio básico de inducción</i> .....	8
<b>Figura 2</b> <i>Despiece de motor eléctrico marca Baldor</i> .....	9
<b>Figura 3</b> <i>Estructura del mantenimiento preventivo</i> .....	10

## Resumen

En la empresa DYC se desarrolló un problema en la ejecución de actividades al momento de prestar servicios, puesto que al realizar los trabajos sin una metodología no garantizaba la disponibilidad de los motores eléctricos en su eficiencia máxima. Por lo tanto, se necesita desarrollar programas de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los activos del cliente. El propósito de este estudio es elaborar un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para aumentar su disponibilidad en la empresa DYC. La metodología de esta investigación es aplicada, con diseño preexperimental y enfoque cuantitativo. Nuestro principal resultado fue el hallazgo de incremento de disponibilidad en un 23%, variando de 74% hasta 97% aplicando el plan de mantenimiento elaborado, así confirmando que al programar inspecciones y reparaciones menores como lo es un plan de mantenimiento, este reducirá el tiempo fuera de servicio de estas máquinas eléctricas rotativas. En conclusión, se logró elaborar el plan de mantenimiento preventivo para motores BALDOR y esto como consecuencia incrementó la disponibilidad del motor.

**Palabras clave:** Mantenimiento preventivo, Plan de mantenimiento, Disponibilidad de equipos críticos, Motores eléctricos.

## **Abstract**

In the DYC company, a problem developed in the execution of activities when providing services, since when carrying out the work without a methodology it did not guarantee the availability of the electric motors at their maximum efficiency. Therefore, the need arises to have a preventive maintenance plan and thus increase the availability of our clients' assets. The objective of this study is to develop a preventive maintenance plan for BALDOR engines to increase their availability at the DYC company. The methodology of this research is applied, with a pre-experimental design and quantitative approach. Our main result was the finding of an increase in availability by 23%, varying from 74% to 97%, applying the prepared maintenance plan, thus confirming that by scheduling inspections and minor repairs such as a maintenance plan, it will reduce the time out of service of these rotating electric machines. In conclusion, the preventive maintenance plan for BALDOR engines was developed and this consequently increased the availability of the engine.

**Keywords:** Preventive maintenance, Maintenance plan, Availability of critical equipment, Electric motors.

## I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería de mantenimiento aplica diversos métodos y técnicas de análisis para proporcionar información valiosa para la toma de decisiones. Las principales decisiones se refieren al diseño, la planificación y la ejecución de las tareas de mantenimiento y reparación para mantener el nivel necesario de funcionalidad de los componentes y sistemas a fin de cumplir los requisitos de producción (Mena et al., 2021). Debido a que los equipos son esenciales para las empresas, se requiere una estrategia de mantenimiento sólida para garantizar un rendimiento óptimo. El mantenimiento influye directamente en la disponibilidad y la fiabilidad, lo que repercute en la viabilidad económica al disminuir los costes e impulsar la eficiencia operativa (Knežević et al., 2022). El mantenimiento de un sistema implica diversas tareas como reparar, sustituir, renovar, inspeccionar, revisar, ajustar, evaluar, medir y detectar fallos. Estas acciones tienen como objetivo prevenir cualquier avería que pueda causar interrupciones en las actividades productivas (Basri et al., 2017).

En la región Moquegua, como sector industrial minero, existen diversas empresas que desarrollan actividades mineras, metalúrgicas y de producción piscícola que requieren optimizar el correcto funcionamiento de sus equipos eléctricos con el desarrollo de estrategias de gestión enfocadas al mantenimiento preventivo y correctivo. DYC S.R.L. es una empresa contratista de la región Moquegua que brinda servicios de mantenimiento electromecánico, suministro e instalaciones eléctricas a sus principales clientes como; ENGIE ENERGÍA PERÚ S.A., TRAMARSA, SOUTHERN PERÚ COOPER CORPORATION, estas empresas cuentan con una gran variedad de equipos eléctricos y mecánicos que ayudan al ciclo del proceso productivo.

DYC busca satisfacer a sus clientes a través de un trabajo de calidad que garantice el óptimo rendimiento de sus equipos cuidando sus activos a través de un mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a las necesidades del cliente, logrando así liderar el mercado industrial en mantenimiento de motores eléctricos.

La realidad problemática se centrará en las distintas labores que se desarrollan durante el proceso de mantenimiento de los motores que ingresan al taller de la empresa DYC S.R.L., ya que no se cuenta con una metodología que permita asegurar la reparación de estos equipos bajo normativa internacional, por lo

mencionado se hace difícil informar al cliente, el siguiente tiempo de mantenimiento debido a la falta de uso de indicadores de mantenimiento que nos ayudaran con el protocolo de intervención donde se haya registrado los datos correctamente siguiendo un estándar. Se identificaron las posibles causas que afectan en el resultado final de cada entrega de motor a los clientes de la empresa DYC S.R.L. como son el desconocimiento del área en servicio al que ingresará el equipo, ordenes de trabajo con poca identificación de problemas, deficiencia de conocimiento en los procesos operativos, descuido de periodos en entrega de los equipos, y carencia de material de repuesto.

El problema general fue ¿Cómo la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR incrementa su disponibilidad en la empresa DYC? Y se planteó como problemas específicos: ¿Cuál es el nivel de disponibilidad de motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC?, ¿Cuál es el análisis causa raíz de fallas constantes (RCA) de los motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC?, ¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa DYC?, y ¿Cuál es la disponibilidad de los motores BALDOR posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa DYC?

El trabajo presenta una justificación por conveniencia, ya que repercutió en que la empresa cuente con una mayor disponibilidad de los motores BALDOR, siendo necesario la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo acorde a las necesidades de la empresa. Asimismo, por su relevancia social, ya que permite mejorar las capacidades y presentar procedimientos en el mantenimiento preventivo. Así también, implicaciones prácticas debido a que se el mantenimiento preventivo requirió mejoras debido a la baja disponibilidad que presentaban los motores, por lo que fue importante establecer acciones que busquen garantizar un mejor servicio. Finalmente, resulta de especial interés elaborar un plan de mantenimiento preventivo y a partir de ahí, seguir cada paso de la reparación en los equipos, que permitan conseguir un trabajo de alta calidad.

La presente investigación se manifiesta por la necesidad de contar con un plan de mantenimiento preventivo y así elevar la disponibilidad de los motores eléctricos. También se busca proporcionar un plan de mantenimiento listo para su aprobación y así aplicarlo en cada entrada de motores eléctricos, ofreciendo además del

mantenimiento del equipo, un reporte de entrega que proponga la próxima fecha aproximada de mantenimiento, paralelamente esto aumenta la confiabilidad en la empresa y con esto un aumento en la disponibilidad.

Debido a que no existe un plan de mantenimiento que la empresa pueda ofrecer a sus clientes con respecto a sus activos, el presente trabajo es conveniente para obtener un esquema o estructura base para la elaboración de un plan enfocado al mantenimiento de equipos eléctricos.

Por otro lado, la investigación contribuye a ampliar los datos y procedimientos operativos de reparación de motores eléctricos rotativos marca Baldor para contrastarlos con el mantenimiento de motores de otras marcas, identificando así los datos variantes para cada tipo de motor. En la actualidad, son muchas las organizaciones que creen que el mantenimiento industrial es un área secundaria y no fundamental, carente de coste y ni siquiera dotada de recursos para realizarlo, sin tener en cuenta que los inconvenientes y la indisponibilidad de máquinas y conjuntos tienen el poder de hacer fracasar el periodo beneficioso y, por tanto, perjudicar la productividad.

El objetivo general que persigue fue: Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para incrementar la disponibilidad en la empresa DYC. Por otro lado, los objetivos específicos fueron: Identificar el nivel de disponibilidad de motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC, Realizar el análisis causa raíz de fallas constantes (RCA) de los motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC, Elaborar los planes de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa DYC, y Determinar la disponibilidad de los motores BALDOR posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa DYC.

Referente a la hipótesis de la investigación fue que la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR incrementa su disponibilidad en la empresa DYC.

Mediante la metodología preexperimental, con un tipo de investigación con un enfoque cuantitativo, con la oportunidad de controlar las variables experimentales no comprobadas para analizar su comportamiento en los resultados de cada mantenimiento.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes de la investigación, a continuación se expondrán los hechos previos que anteceden al estudio propuesto, con el propósito de contextualizar y enfocar en relación a los conceptos anteriormente enunciados: Como Espinoza y Grados (2024) en su investigación "Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en mantenimiento autónomo para mejorar la disponibilidad del área de formato continuo en la empresa Latin Desing S.A.C." tuvo como objetivo realizar un diseño de un plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de aumentar la disponibilidad dentro de un área de la empresa de estudio. En el presente estudio se implementó la metodología del tipo aplicada. Como resultados se obtuvo, mediante un análisis luego de la implementación del plan, un aumento en la disponibilidad a 96.33%, siendo esto, una evidencia del incremento en un 2.54% en la disponibilidad de las máquinas en estudio, así como también, la inversión para la ejecución se estimó en S/ 15 094.93, donde el VAN fue de S/ 5 419.97, donde un 7.3% resultó ser el TIR. Como conclusión se tuvo que la implementación del proyecto resultó ser económicamente viable, favoreciendo en la disponibilidad y ofreciendo un ahorro en el mantenimiento.

Correa, Escobar y Mena (2023) en su investigación "Implementación de analítica de datos para el mantenimiento predictivo de motores eléctricos" tuvo como finalidad realizar una completa valoración acerca de las diferentes variables presenten en los motores eléctricos a fin de implementar mejoras dentro de la ejecución del mantenimiento predictivo. La metodología empleada fue cualitativa a fin de estimar el comportamiento de las variables. Como resultados se obtuvo que las fallas se generan cuando la corriente eléctrica presenta, dentro de las bobinas de los motores, un valor que se encuentran entre 29 a 30 amperios, el voltaje también presenta un leve cambio en su valor y, el valor de la temperatura es mayor a 76 °C. Como conclusión se tiene que el realizar un análisis de datos referentes a la supervisión de los motores es sumamente crucial a fin de prevenir las posibles fallas mejorando así la disponibilidad y confiabilidad.

Pérez (2023), en su tesis "Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para un motor eléctrico trifásico de 4 kW y 1500 rpm con arrancador estrella-triángulo" cuyo objetivo fue crear un programa de mantenimiento para prevenir fallas en un

motor electrónico de 3 fases que tenía 440V, 1500 RPM y 4 kW, junto con un arrancador estrella-triángulo en configuración estrella-triángulo, la metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo y experimental. La investigación concluyó que la conservación de los equipos es esencial en el ambiente industrial, posibilitando la maximización de la producción. El mantenimiento preventivo hace que esta área sea confiable, eficiente y productiva, con efectos mensurables en la cantidad y calidad de los productos. El diseño de mantenimiento para la prevención del motor eléctrico de 3 fases que tenía 1500 RPM y 4 kW, acompañado de un arrancador estrella-triángulo, contenido en este proyecto, busca mantener su operatividad en óptimas condiciones y extender su ciclo de vida útil.

Trujillo (2023) en su investigación "Mantenimiento predictivo de motores eléctricos" se pretende la implementación y promoción de un mantenimiento predictivo dentro de la industria con la finalidad de incrementar el nivel de confiabilidad, rendimiento y disponibilidad de motores eléctricos presentes dentro de la industria. En la presente investigación utilizó un método de análisis donde interviene todos los parámetros que influyen negativamente en la vida útil de los equipos. Como resultado se obtuvo una criticidad media de 29.6, un valor promedio de vibraciones de 7 mm/s y una temperatura variable desde 25 a 75 °C, así como su solución estuvo compuesta por la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo para los diferentes motores eléctricos presentes en la industria. Como conclusión se obtuvo la demostración de la mejora de efectividad al implementar un adecuado mantenimiento predictivo para que los motores operen de la manera más eficiente posible.

Alarcón y Romero (2020) en su investigación "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de Santa Elena" tuvo como finalidad la optimización de los diversos procesos de mantenimiento preventivo establecidos en la empresa de estudio. La metodología de este estudio fue del tipo descriptivo, documental, presentando un enfoque propositivo. Como resultados se estimó, posterior a la implementación del plan de mantenimiento, una reducción en el número de veces de ejecución del mantenimiento correctivo, donde la data obtenida se utilizó para diseñar dicho plan de mantenimiento. Como conclusión se tuvo que es

indispensable el mantenimiento preventivo dentro de una empresa a fin de optimizar los procesos.

Moreano y Pérez (2020) en su estudio "Plan de mantenimiento preventivo para la mejora del índice de falla de un sistema de transporte neumático" tuvo como finalidad establecer una propuesta de plan de mantenimiento preventivo a fin de eludir las reparaciones y daños con respecto al sistema neumático en estudio. Referente al método de investigación se empleó la recolecta de información dentro de las instalaciones de estudio. Como resultados se obtuvo un plan de mantenimiento preventivo óptimo para realizar las pertinentes acciones de mantenimiento. Como conclusión se tuvo que es necesario la elaboración de un plan de mantenimiento para reducir el índice de falla del sistema en estudio.

Sigüencia (2020) en su investigación "Manual de mantenimiento preventivo y correctivo de la subestación de 5 MVA de 69-13.8 KV de la empresa TECNOVA" tuvo como finalidad implantar ciertas normas y procedimientos que sirvan de guía a fin de establecer que las pruebas sean realizadas de manera clara en el transcurso del mantenimiento. Esta investigación se realizó llevando a cabo el método documental e investigativo. Como resultados se obtuvo los valores de las diversas pruebas realizadas a los diferentes transformadores que conforma la subestación, dando como resultado de su estado actual entre bueno, malo o dudoso. Como conclusión se obtuvo que dicho manual permitirá instaurar los diferentes parámetros de cada equipo, así como también la continuidad eficiente del mantenimiento.

Según Garavito (2018), en su tesis "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para flota de generadores empresa generación y sistemas S.P.A (GENSYS)" cuyo objetivo fue desarrollar un plan de mantenimiento preventivo sugerido para generadores suministrados por la empresa Generación y Sistemas SPA (GenSys). Se aplicó la metodología la investigación concluyó que, para una gestión eficaz del mantenimiento, es necesario implantar un sistema de órdenes de trabajo. Este servirá como registro histórico de fallas, acciones realizadas, costos, entre otros. Además, se deben elaborar documentos como planes de limpieza, inspección, lubricación y procedimientos de trabajo.

Según Chávez (2019) en su investigación titulada "Mejora en la implementación del RCM de los grupos electrógenos y motores de inducción trifásicos del lote V de la Empresa Graña y Montero S.A.A., para incrementar la disponibilidad operativa", cuyo objetivo fue optimizar el plan de mantenimiento enfocado en el aumento de la confiabilidad en los grupos electrógenos y motores de inducción trifásicos en el lote V de la Empresa Graña y Montero S.A.A. La metodología utilizada fue un diseño cuasi-experimental. La investigación concluyó que, para evaluar las condiciones de mantenimiento, se tuvo que realizar un análisis del mantenimiento previamente realizado en los motores eléctricos de jaula de ardilla en el 2016. Se observaron tiempos de reparación que oscilaron entre 3,91 y 43,18 horas por avería, con intervalos útiles entre averías de 6526,82 a 6566,09 horas. Durante este periodo, se identificaron entre 5 y 29 intervenciones, lo que dio lugar a un tiempo medio de reparación que osciló entre 0,78 y 1,84 horas por avería. Asimismo, el tiempo medio entre averías osciló entre 225,06 y 1313,22 horas de trabajo por avería, generando una tasa de averías mínima de 0,00076 y una tasa de averías máxima de 0,00429 averías por hora de trabajo. También se analizaron los ratios, con índices mínimos de 0,542 y máximos de 1,279 fallos por hora de reparación.

Según Diestra, Esquiviel y Guevara (2017) en su estudio denominado "Programa de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), para optimizar la disponibilidad operativa de la máquina más crítica" cuya finalidad fue desarrollar un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad adecuado a las exigencias operativas de la empresa para los Puentes Grúa N° 2 y 5 del área de producción. La metodología utilizada fue un enfoque teórico-práctico. La investigación concluyó que los puentes grúa n° 2 y n° 5 son las máquinas industriales más críticas y con fallos más recurrentes. Estos fallos provocan una disminución del 4,62% en el tiempo de producción y una pérdida de 3530,1 \$ en costes de fabricación. Para solucionarlo, se crearon un plan de mantenimiento para la prevención según el uso y un plan de mantenimiento correctivo. Se implementó una herramienta de mantenimiento confiable a través de la formación de grupos de trabajo imparciales y la asignación de tareas mediante la aplicación del árbol para decisiones lógicas.

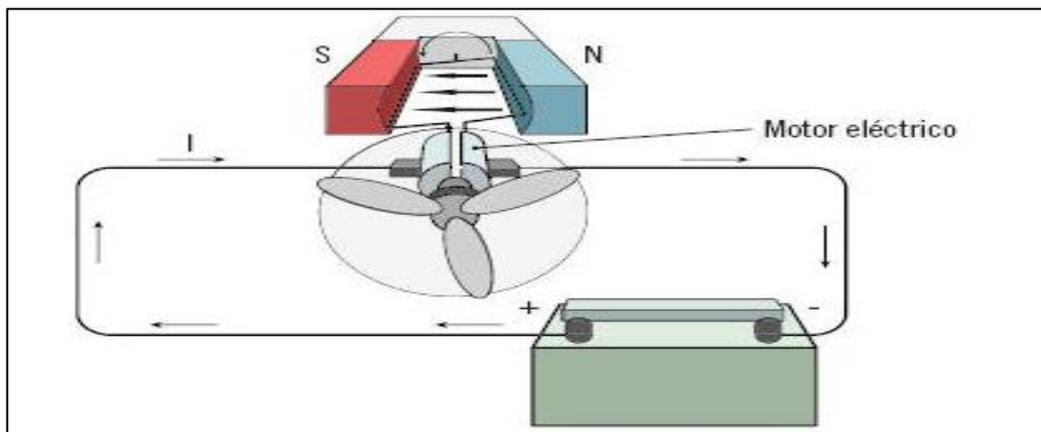
En las bases teóricas, se presenta a las máquinas eléctricas que son sistemas que convierten la energía eléctrica en energía mecánica, logrando esta conversión

mediante la interacción de un conductor que lleva corriente eléctrica y un campo magnético. Cuando se aplica corriente al conductor en presencia de un campo magnético, este comienza a girar y atraviesa las líneas del campo. La dirección de este giro está vinculada al sentido de la corriente eléctrica y se invertirá si la dirección de la corriente cambia (Serrano y Martínez, 2017).

En la figura 1, se muestra un imán con sus polos y las líneas de campo magnético de norte a sur. En su interior, hay un conductor conectado a una batería a través del cual fluye corriente eléctrica. Cuando la corriente comienza a circular por el conductor, induce el movimiento de la espira dentro del campo magnético.

### Figura 1

*Principio básico de inducción*

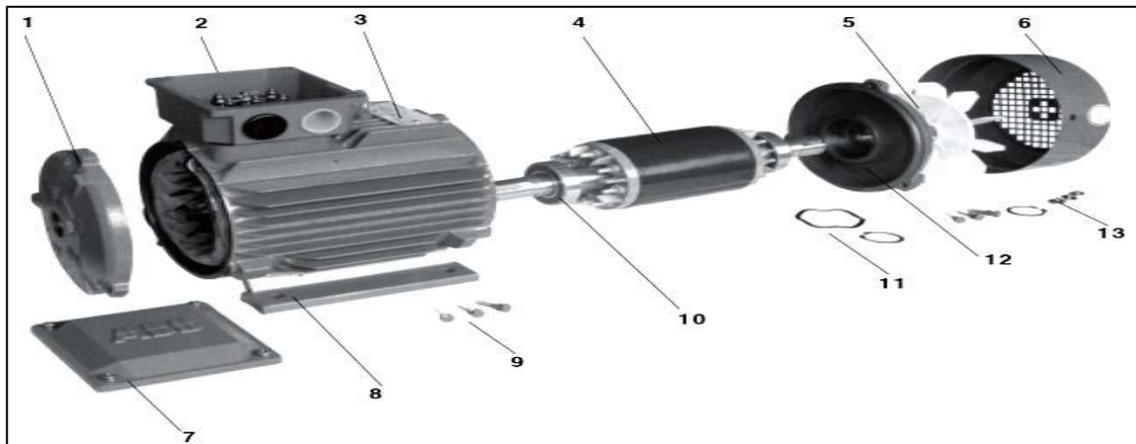


*Nota.* Se visualiza el principio básico de inducción

En la figura 2, podemos ver el despiece de un motor eléctrico, a continuación, se describe sus componentes:

## Figura 2

### Despiece de motor eléctrico marca Baldor



*Nota.* Se visualiza el despiece de motor eléctrico marca Baldor

1) Escudo lado acople; su principal función es sellar el motor en el lado donde se conecta al componente a accionar. 2) Caja de bornes; aquí se aloja la placa de bornes y, si está presente, el condensador. Protege el cableado y la tornillería involucrada en la conexión de la máquina. 3) Identifica los motores y proporciona información detallada sobre sus características específicas. Permite evaluar si el motor se adapta a las necesidades. 4) Rotor con eje; ubicado en el centro, es aquella parte que genera los movimientos. También conocido como armadura, consta de un electroimán que gira alrededor de un eje. Se llama armadura o rotor, y consiste en un electroimán que puede girar libremente entorno a un eje. 5) Ventilador; asegura el flujo de aire forzado en sistemas de refrigeración. Dirige el aire hacia el radiador (en sistemas líquidos) o hacia las aletas del motor (en sistemas de aire). 6) Protector del ventilador; cubierta que resguarda y evita el acceso al ventilador. Brinda protección contra golpes y riesgos para el usuario. 7) Cubierta de la caja de bornes; resguarda los cables internos y los bornes de conexión del motor, siendo impermeable en muchos casos. 8) Carcasa del estator; proporciona protección mecánica al devanado del motor. Envuelve el cableado de la bobina y presenta un campo magnético opuesto al de la parte estática. 9) Pernos; Piezas metálicas para unir componentes mecánicos y sostener partes del mecanismo entre sí. 10) Los rodamientos son componentes esenciales que facilitan el movimiento giratorio y reducen la fricción entre elementos móviles. 11) Arandela

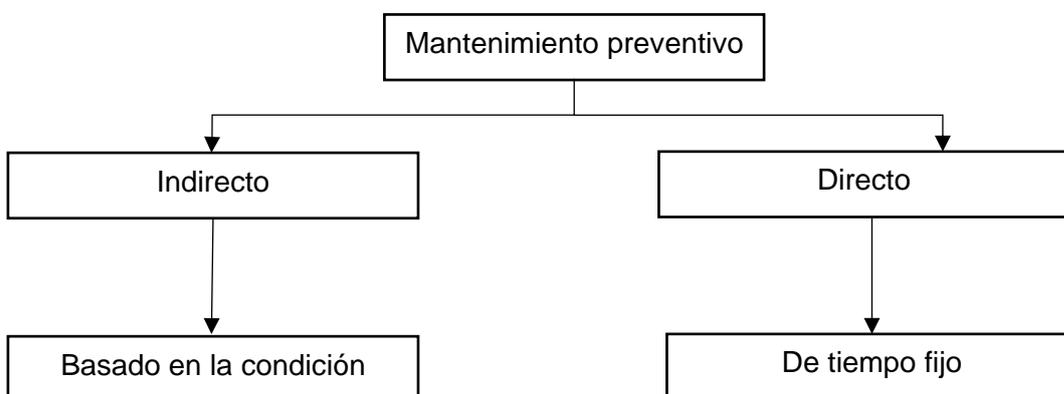
muelle; se usan en montajes de sistemas de apretado y brindan soporte en situaciones con temperaturas cambiantes. 12) Rejilla tipo panal que facilita el flujo de aire hacia el ventilador. Actúa como protector y permite el paso del aire. 13) Tuercas; piezas con un agujero central y rosca que se utilizan para fijar o ajustar tornillos de manera segura.

Referente al mantenimiento viene a ser la combinación de actividades para restaurar el componente o la máquina a un estado en el que pueda realizar sus funciones designadas. Generalmente, el mantenimiento se puede aplicar en base a dos estrategias; mantenimiento correctivo y preventivo (Ahmad *et al.*, 2011). El mantenimiento se lleva a cabo utilizando diferentes estrategias para la gestión, control, ejecución y calidad de las actividades para asegurar niveles razonablemente diseñados de disponibilidad y rendimiento de los activos para cumplir con los objetivos del negocio (Okoh, Roy y Mehnen, 2017).

El mantenimiento preventivo (PM) es un programa de mantenimiento que involucra actividades planificadas en intervalos predefinidos o según criterios establecidos. Su objetivo es disminuir la posibilidad de fallos o la disminución en el rendimiento de un componente. En la literatura, se han introducido varios modelos de PM para representar la eficacia de PM, el mantenimiento preventivo suele tener la estructura detallada en la figura 3 (Wu y Zuo, 2010).

### Figura 3

*Estructura del mantenimiento preventivo*



*Nota.* La imagen fue adaptada de Danish y Zia (2017)

Mantenimiento basado en la condición (PM indirecto) describe las mediciones de una o más variables de condición de un activo, que se inicia cuando una variable de condición supera su umbral. El mantenimiento basado en la condición es una estrategia predictiva realizada para determinar el estado de un sistema en servicio para realizar el mantenimiento cuando surja la necesidad. El concepto de necesidad se determina evaluando continuamente el estado del equipo y extrapolándolo a un umbral de falla predefinido (Okoh, Roy y Mehnen, 2017).

El mantenimiento de tiempo fijo (PM indirecto) generalmente es seguido por personas para evitar riesgos personales e inversiones en equipos necesarios para PM Indirecto. La limpieza, la lubricación y el reemplazo de piezas a tiempo fijo se consideran PM directo. Dicho mantenimiento es costoso en comparación con el mantenimiento basado en la condición (Danish y Zia, 2017).

El mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) es un proceso que busca asegurar que un activo siga cumpliendo su función en su entorno operativo actual. Esto se logra al identificar la función del activo, sus posibles modos de fallo que podrían afectar su desempeño, y luego priorizar estos modos de fallo. Finalmente, se determinan las tareas de mantenimiento preventivo más eficaces y económicamente viables para reducir la probabilidad de fallos (Geisbush y Ariaratnam, 2023).

El mantenimiento predictivo prioriza que exista un equilibrio entre el rendimiento y los gastos de mantenimiento, elevando el nivel de confiabilidad y disponibilidad. Se encarga de la medición de la productividad, eficiencia y vida útil, remanente para programar previamente ante la aparición alguna avería. Incluye monitoreo de condición y pronóstico de mantenimiento a largo plazo en el sistema, para obtener la toma de decisiones sobre si se espera aumentar la vida útil remanente (Sakib y Wuest, 2018).

De acuerdo a Al-Najjar y Algabroun (2018) un mantenimiento confiable y eficiente no solo aumenta la rentabilidad, sino que también mejora el desempeño general de la empresa. El mantenimiento es responsable de reducir la probabilidad de fallas y paradas no planificadas para minimizar el impacto de las consecuencias de las fallas en las ventajas y objetivos competitivos de la empresa mediante el

mantenimiento de la continuidad del proceso de producción, la calidad y el costo de fabricación del producto a un ritmo predeterminado.

La administración del mantenimiento en una operación industrial de gran envergadura es compleja y ejerce una influencia considerable en la rentabilidad de la empresa. Es casi imposible administrar este proceso de manera efectiva sin el apoyo de una computadora, pero lograr una implementación exitosa de estos sistemas requiere un importante programa de administración de cambios durante muchos años (Wienker, Henderson y Volkerts, 2016).

Es crucial notar que llevar a cabo el mantenimiento preventivo implica examinar las especificaciones de los motores eléctricos, medir su rendimiento y aplicar medidas de precaución, como proporcionar piezas de repuesto o lubricación en intervalos fijos (Bueno, 2022). La tarea básica de mantenimiento de motores eléctricos a llevar a cabo son las indicadas a continuación:

- Análisis de estado general de la máquina (conexiones, aspectos externos, zonas de recalentamiento o quemadas, estado de los conductores).
- Chequeo de las partes sometidas a desgastes.
- Revisión de anclajes y elementos móviles (engrasado, rodamientos, aprietes, etc.).

El Mean Time Between Failure (MTBF) o tiempo medio entre fallos es un indicador clave en el ámbito del mantenimiento. Implica calcular el promedio de tiempo en el que un equipo reparable opera sin fallos antes de cada incidencia. Esta medida es esencial para evaluar la confiabilidad de la máquina (Ahmad, Gun y Erry, 2018).

MTTR (Mean Time To Repair), este indicador está vinculado estrechamente a la mantenibilidad, que se refiere a la habilidad del equipo de mantenimiento para localizar, reparar y poner en funcionamiento un equipo después de una avería (Nurprihatin, Angely y Tannady, 2019).

El Mean Up Time (MUT) caracteriza el tiempo medio de funcionamiento del sistema hasta que se produce un fallo. Aplicado al escenario considerado, se define como el tiempo medio desde una transición a un estado activo hasta la primera transición de regreso a un estado inactivo. Usando la relación (Hossler, Simsek y Fettweis, 2018).

La confiabilidad es vital para la adecuada utilización y mantenimiento de cualquier sistema. Se trata de una técnica para aumentar la eficacia del sistema mediante la reducción de la frecuencia de fallas y el costo de mantenimiento. La falla del sistema es evitable, esto implica que una acción de mantenimiento correctivo corresponde al tiempo de reparación necesario para que el sistema vuelva a funcionar normalmente como nuevo o a la posición anterior a la falla (Yusuf, 2016).

La disponibilidad, como meta general del mantenimiento, se describe como la certeza de que un elemento o sistema que ha sido sometido a mantenimiento, funcione de manera adecuada durante un periodo específico. En la realidad, la disponibilidad se mide como un indicador de tiempo de vida útil que posee un sistema para funcionar o producir, particularmente en sistemas de operación continua (Choudhary, Tripathi y Shankar, 2019).

El diagrama de Ishikawa es un gráfico que visualiza de manera esquemática las conexiones entre un resultado particular y sus causas subyacentes. En este esquema, el efecto estudiado o el problema se representa como "la cabeza de pescado", mientras que las posibles causas y subcausas se organizan en una "estructura de espina de pescado". En consecuencia, este diagrama expone de manera evidente las relaciones que existen entre un problema identificado en un producto y sus posibles factores causales (Liliana, 2016).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Es básica, la cual implica el uso de conocimientos y métodos existentes para abordar problemas específicos o generar soluciones prácticas en diversas áreas, con énfasis en la aplicación directa y tangible de los resultados para resolver retos específicos de manera efectiva (Nicomedes, 2018). Esta investigación es de tipo aplicada porque se propuso indagar o encontrar un problema específico como es el evidente desconocimiento en el mantenimiento de motores Baldor de 1 a 100 HP en la empresa DYC, y encontrar una solución inmediata basada en reglamentos, normas, fichas técnicas y documentación técnica en general. Esta investigación se llevó a cabo en los motores que son consistentes con el tipo de prueba descrita en el documento. Por ello, se aborda conceptos de la investigación básica. Su objetivo principal es muy claro, debe aumentar la disponibilidad a través de esta investigación y el desarrollo del plan.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

El diseño pre-experimental que consiste en la organización metódica y planificada de una serie de pruebas o experimentos, con el fin de examinar y comprender de forma rigurosa las relaciones causa-efecto entre variables (Ramos, 2021). Por consiguiente, el presente estudio fue de diseño pre experimental.

Los estudios de diseño experimental, a diferencia de la investigación descriptiva, en este análisis, se buscó no solo observar el equipo o muestra, sino también definir las características o índices que variarán y ayudaron a cumplir el objetivo específico de desarrollar un plan de mantenimiento efectivo, resolviendo así que el incremento de la disponibilidad en la empresa DYC sea posible

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Es la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores Baldor de 100 HP, porque es un concepto que se manipula mediante indicadores presentados por el investigador y así poder explicar los cambios en la variable dependiente (Eudaldo y Espinoza, 2018).

**Variable dependiente:** De acuerdo con Guillen Casamayor y Reyna Vásquez (2020), mencionan que asegurar la disponibilidad de una máquina es un importante indicador en el mantenimiento, ya que refleja la capacidad operativa como la seguridad que tendrá el equipo para desempeñar su trabajo correctamente.

En el anexo 1, se presenta la operacionalización de las variables, donde se explica la definición conceptual de nuestras variables que fue parte clave para conocer la forma de trabajo de las mismas durante nuestra investigación. De igual forma, se da a conocer las dimensiones en que trabajan las variables y la forma de medir cada una de ellas definido como indicadores.

### **3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **3.3.1. Población**

La población de estudio engloba a todos los elementos o personas que son el foco de interés de una investigación o estudio específico (Majid, 2018). Por ello, la población estuvo conformada por todos los motores BALDOR y de otras marcas entre un rango de 1 a 100 HP máximo que ingresan al taller de la empresa DYC.

- **Criterios de inclusión:** Marca Baldor menor a 100 HP y mayor a 1 HP de corriente AC de 3600 RPM.
- **Criterios de exclusión:** Motores de otras marcas ingresantes al taller de mantenimiento.

#### **3.3.2. Muestra**

Se refiere a una fracción escogida y disminuida, de un conjunto extraordinario, utilizada para obtener comprensión o inferir características, patrones o propiedades de todo el conjunto (Etikan, Abubakar y Sunusi, 2016). La muestra fue los motores Baldor de 75 CV de potencia, 3600 RPM, con un rango de tensión de 230/460V y con un nivel de protección IP44.

#### **3.3.3. Muestreo**

Se trata de un método de elección de elementos de una población en el que no se garantiza que cada miembro tenga una oportunidad igual y cuantificable de ser

seleccionado, lo que puede dar lugar a una representación menos precisa y más influenciada subjetivamente de toda la población (Farrokhi y Mahmoudi, 2012). El muestreo sigue un modelo de tipo no probabilístico a juicio del investigador y consistió en el conjunto de motores de la marca BALDOR entre 1 y 100 CV que son analizados dentro del taller DYC al entrar para mantenimiento correctivo.

#### **3.3.4. Unidad de análisis**

Hace referencia al elemento concreto que se investiga o examina en el contexto de una investigación. Esta entidad puede variar según el campo y la disciplina, desde individuos y grupos hasta acontecimientos, palabras o variables. Su selección depende de los objetivos de la investigación y define lo que se analiza en el estudio. Puede modificarse según el campo de estudio y la naturaleza de la investigación (Picón, Galaretto y Amozurrutia, 2016). La unidad de análisis para esta investigación fue un motor con el rango de 1 a 100 HP que ingresa al taller de mantenimiento de DYC.

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Técnicas de recolección de datos:** permiten recopilar información de manera sistemática acerca del objeto de estudio (individuos, objetos, fenómenos) y su contexto. En este proceso, es crucial que el investigador siga un enfoque sistemático, ya que la recopilación aleatoria dificultaría proporcionar respuestas concluyentes a preguntas específicas (Lawal, 2013). Una de las técnicas utilizadas para la recolección de datos del proyecto de investigación es la **observación**, se realizó la técnica de la observación para realizar el análisis de causa raíz, además sirvió para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta del mantenimiento centrado de confiabilidad (RCM), asimismo, se utilizó la técnica del **análisis documental** también, esto con el fin de analizar los documentos de la empresa con el fin de determinar la cantidad de intervenciones de mantenimiento correctivo realizadas y para la evaluación de la disponibilidad en la empresa DYC por la reparación de motores BALDOR y como última técnica se empleó la **encuesta** con el fin de recopilar datos para el llenado del cuestionario y determinar la calidad de los de los mantenimientos preventivos realizados.

**Instrumentos de recolección de datos:** En la investigación científica, los métodos de recopilación de datos se adaptan conforme el tipo de investigación, su objetivo y la técnica elegida. Históricamente, el cuestionario ha sido un instrumento ampliamente empleado tanto en enfoques cuantitativos como cualitativos. El cuestionario permite obtener y registrar datos a través de preguntas de diferente índole sobre los aspectos relevantes de la investigación, consolidándose como una herramienta versátil de gran utilidad (Cisneros et al., 2022). Para esta investigación se empleó un **cuestionario** esto con el fin de evaluar la calidad de los mantenimientos preventivos realizados y diferentes **fichas de observación y análisis documental** los cuales se detallan dentro de la tabla 1.

**Tabla 1**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnica</b>	<b>Uso</b>	<b>Instrumento</b>
Encuesta	Evaluar la calidad de los mantenimientos preventivos realizados	Cuestionario
Análisis documental	Intervenciones de mantenimiento correctivo realizadas	Ficha de registro de intervenciones de mantenimiento
Observación	Realizar análisis causa raíz de fallas constantes (RCA)	Ficha del diagrama de Ishikawa
Observación	Elaborar los planes de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	Ficha de información RCM Ficha de decisión RCM
Análisis documental	Evaluar la disponibilidad en la empresa DYC por la reparación de motores BALDOR	Ficha de reporte de fallas Ficha de formato de tiempo medio entre fallas Ficha de formato de tiempo medio de reparación Ficha de formato de disponibilidad

*Nota.* Desarrollado a partir de los objetivos de la investigación

### 3.5. Procedimientos

Del desarrollo de este proyecto de investigación, se realizarán los siguientes pasos:

- En primera instancia se realizó la solicitud para la realización del permiso con la finalidad de que acepten la realización del trabajo de investigación, así como permitan la recopilación de información referente a la disponibilidad y la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, por lo que en el anexo 7 se muestra la autorización de la empresa firmada por el representante legal.
- Posterior a ello, se procedió aplicar un cuestionario que tuvo la finalidad de evaluar la calidad del mantenimiento preventivo realizado (ver Anexo 2), en donde fue validado mediante el juicio de expertos (ver Anexo 4). Por consiguiente, los resultados del cuestionario se muestran en el Anexo 8, en donde se destaca que los participantes poseen un puntaje de 155 de un total de 315, lo cual evidenció la necesidad de la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo acorde a las necesidades que exigen los motores BALDOR de 1 a 100 HP en la empresa en estudio.
- Al identificar la necesidad de realizar mejoras en el actual mantenimiento que se realizó un Diagrama de Ishikawa (ver Anexo 9) con el fin de identificar las causas del problema de fallas en motores eléctricos de tipo FFC, en donde se destaca el análisis realizado en cada una de las 6M a fin de argumentar la solución al problema que se viene suscitando.
- Seguido a ello, mediante un Diagrama de Pareto se busca establecer la frecuencia de las causas, en donde se identificó un total de 19 causas obtenidas mediante el Diagrama de Ishikawa, por lo que se obtuvo como causas críticas a la inexistencia plan de mantenimiento con un 11% del total del porcentaje acumulado, lo cual demuestra que es importante establecer acciones de mejoras para la solución del problema.
- Referente a la elaboración del plan de mantenimiento para la prevención, previa ejecución de pruebas eléctricas, se consulta la ficha técnica del equipo intervenido, según la información dada, se considerarán las recomendaciones del fabricante en cuanto a su intervalo de mantenimiento y especificaciones

técnicas para las pruebas eléctricas. Asimismo, se realiza el seguidamente, en relación con las observaciones obtenidas dentro de la inspección preliminar y la ficha técnica, se podrá determinar y ejecutar el banco de pruebas eléctricas del motor siguiendo un protocolo de parámetros eléctricos y mecánicos. Dicho registro se encuentra en el anexo. Finalizado el mantenimiento integral del equipo, este será entregado a cliente dueño junto a un reporte de anomalías y resultados de pruebas obtenidos, junto a esto, se entregará un check list diario propuesto siguiendo un programa de intervalo de tiempo según la ficha técnica.

- Al identificarse la necesidad de elaborar un plan de mantenimiento, se propone utilizar una ficha de información (RCM) (ver Anexo 11) debido a la necesidad de contar con procedimientos de trabajo acorde a las fallas que presentar los motores BALDOR, por lo que se analizaron la falla funcional, modo de falla y el efecto que ocasionan las fallas bajo criterios de la ficha (ver Anexo 12). Posteriormente, se utilizó una hoja de decisión de RCM (ver Anexo 13), en donde se muestra las tareas propuestas a realizar, la frecuencia de las actividades y el nivel de especialista a realizar la acción. Por último, de una manera mas generalizada se presenta un plan de mantenimiento anual que considera las actividades propuestas para los motores en estudio (Ver Anexo 14).

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para el análisis total de datos obtenidos se empleó el software de ofimática Microsoft Excel para el análisis de los resultados que el proyecto de investigación obtendrá de los formatos. Cada obtención de comentarios e información que se recolecte de los formatos, fueron analizados mediante el investigador y de acuerdo a los instrumentos de recolección como; fichas técnicas y normativa internacional, se emitirá un plan de mantenimiento.

### **3.7. Aspectos éticos**

Esta investigación fue realizada cumpliendo con la guía de la RESOLUCIÓN DE VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN N°062-2023-VI-UCV y cumpliendo el cronograma establecido indicado. El compromiso desde un inicio es obtener resultados de forma verídica, a realizar comparación de otros antecedentes en tesis

ya presentadas años anteriores por colegas que buscan la mejora de una problemática. Este trabajo se realiza de con mucha dedicación siguiendo también normas internacionales, revistas y manuales de equipos que sumado todo hicieron más confiable esta presentación del proyecto que ayudara a las nuevas generaciones y a las actuales con el sostenimiento y manutención de los motores eléctricos.

#### IV. RESULTADOS

Luego de aplicar el instrumento que es la ficha de registro, se ha identificado la disponibilidad de los motores BALDOR en la etapas previa y posterior a la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. Para ello, se analizó a la población que son los motores Baldor de 75 HP, 3600 RPM de 230/460V, con nivel de protección IP44 ya que cuenta con el historial de ingresar a mantenimiento correctivo continuamente dentro del taller DYC.

**Objetivo específico 1:** Identificar el nivel de disponibilidad de motores BALDOR de 75 HP.

En la Tabla 2 se identificó el nivel de disponibilidad de los motores BALDOR de 75 HP, 3600 RPM, 230/460V. En esta tabla se observa la cantidad de fallas de los distintos motores que fueron atendidos por el área de mantenimiento. Se destaca la elevada cantidad de horas muertas debido a la deficiencia en el plan de mantenimiento. Los reportes presentados tienen como objetivo medir el Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) y el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) para establecer el nivel de disponibilidad, como se muestra a continuación:

**Tabla 2.**

*Disponibilidad actual de los motores Baldor*

Equipo	Horas disponibles del equipo	Horas muertas	Nº fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad
88FC5-TG1	44	22	1	22.00	22.00	50%
	56	56	2	0.00	28.00	0%
	104	80	1	24.00	80.00	23%
	160	80	1	80.00	80.00	50%
	184	84	1	100.00	84.00	54%
	208	92	1	116.00	92.00	56%
	215	96	2	59.50	48.00	55%
	249	76	1	173.00	76.00	69%
	351	88	1	263.00	88.00	75%
	375	88	1	287.00	88.00	77%
	391	90	1	301.00	90.00	77%
	443	90	1	353.00	90.00	80%
	457	102	1	355.00	102.00	78%
	575	110	1	465.00	110.00	81%
	601	111	1	490.00	111.00	82%
689	111	1	578.00	111.00	84%	
Total	5102	1376	18	229.16	81.25	74%

Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

Según la ficha de registro, se puede evidenciar que se presenta una disponibilidad promedio de 74%, esto quiere decir que se cuenta con una elevada cantidad de horas muertas y número de fallas que inciden en el MTBF y MTTR, por lo cual, se deben aplicar estrategias y acciones que mejoren el actual plan de mantenimiento que realiza la empresa DYC.

### Objetivo específico 2: Realizar análisis causa raíz de fallas constantes (RCA)

El análisis de causa raíz permitió establecer una visión clara del problema que se está presentando en la empresa, siendo que permite identificar a través del Diagrama de Ishikawa las causas fundamentales de los problemas de alto impacto en el área de la empresa DYC S.A.C. Por consiguiente, las causas subyacentes de las fallas en la maquinaria son de crucial importancia, ya que permite realizar un análisis integral y, a partir de este, desarrollar soluciones para los problemas identificados. Por consiguiente, a partir del Diagrama de Ishikawa se muestra las causas críticas que repercuten en la baja disponibilidad de los motores BALDOR.

### Tabla 3.

*Cuadro de 5 causas críticas encontradas en diagrama de Ishikawa*

ITEM	Detalle de causa	Abrev.	Frecuencia de causa	Causas (%)	Porcentaje (%)
1	Inexistencia de plan de mantenimiento.	IPM	11	17%	17%
2	Control de calidad insuficiente (procedimientos operativos varios).	CCI	8	12%	29%
3	Mal montaje de equipo a máquina remitente.	MMEM	6	9%	38%
4	Personal no capacitado para operaciones.	PNC	4	6%	44%
5	Falta de supervisión.	FS	4	6%	50%

Fuente: Información obtenida mediante el cuadro de tabulación en fallas de motor

## **Interpretación**

De acuerdo con las cinco principales causas críticas identificadas en la Tabla 3, se observa que la causa con mayor frecuencia es la inexistencia de un plan de mantenimiento, representando un 17% del total, por lo que es fundamental desarrollar métodos para la creación e implementación de un plan de mantenimiento preventivo, el cual contribuirá en mejorar la disponibilidad de los motores. La segunda causa crítica, con un 12%, es el control de calidad insuficiente en los procedimientos operativos varios. Le siguen el mal montaje del equipo a la máquina remitente (9%), la falta de capacitación del personal para las operaciones (6%) y la falta de supervisión (6%). Estas causas acumuladas representan el 50% de los problemas identificados, lo que subraya la necesidad de abordar cada uno de estos factores en el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.

**Objetivo específico 3:** Elaborar los planes de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

De acuerdo con el diagnóstico obtenido mediante el diagrama de Pareto, se identifica la inexistencia de un plan de mantenimiento como la causa principal de las fallas recurrentes en el equipo seleccionado. Para abordar este problema de manera efectiva, se ha optado por emplear una ficha de información RCM (Reliability-Centered Maintenance) y una ficha de decisión RCM. Estas herramientas permiten realizar un análisis detallado y una gestión adecuada de las fallas, lo que contribuye en mejorar la fiabilidad y disponibilidad del equipo.

El plan de desarrollo de actividades derivado de este análisis ha resultado fundamental para la empresa DYC, ya que ha permitido asignar recursos de manera más eficiente al identificar las tareas de mantenimiento necesarias y programarlas según las prioridades y los recursos disponibles. En este sentido, se ha establecido un tiempo máximo de ejecución de actividades de 15 horas, lo que garantiza un mantenimiento integral del motor eléctrico y asegura su óptimo funcionamiento. Este enfoque estratégico no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a reducir los tiempos de inactividad y los costos asociados a las fallas del equipo.

**Tabla 4.**

Plan de mantenimiento con la mejor

Actividad	Material	Herramientas	Periodo (horas)	Tiempo de ejecución	N° de personas
Megado previo Mantto.	N/A	Megohmetro	1 hr	20 min	1
Despiece de motor	N/A	Caja de llaves / Destornillador / Martillo	1 hr	1 Hr	2
Extracción de rodamientos	N/A	Brazo extractor rodamientos	00:30	30 min	2
Limpieza y recubrimiento con barniz aislante en rotor y estator.	Barniz dieléctrico	Pulverizador con boquilla de 0.8 mm	00:30	30 min	1
Tratamiento térmico de estator y rotor.	N/A	Horno eléctrico.	4 hrs.	4 horas	2
Barnizado manual, acabado.	Barniz dieléctrico	Pulverizador con boquilla de 0.8 mm	2 hrs.	2 horas	1
Embocinado.	N/A	Torno.	2 hrs.	2 horas	1
Mantenimiento mecánico SSPC-SP3 de carcasa y tapas de motor.	Pintura epóxica.	Pulverizador con boquilla de 0.8 mm.	3 hrs.	3 horas	1
Armado de motor.	Componentes principales del motor	Herramientas manuales.	2 hrs.	2 horas	2

Fuente: Se establece las actividades en función al diagnóstico realizado

## **Interpretación**

La tabla 4 representa el plan de mantenimiento a considerar para los motores BALDOR. En ella se presentan cada actividad, las herramientas necesarias, el período, el tiempo de ejecución y el número de personas requeridas. La finalidad de este plan es elevar el nivel de disponibilidad de los motores, al reducir el número de paradas no programadas. Además, busca programar de manera efectiva las tareas de mantenimiento, asegurar un uso más eficaz de los recursos y mejorar la durabilidad y fiabilidad de los motores.

**Objetivo específico 4:** Evaluar la disponibilidad de los motores BALDOR posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

El plan de mantenimiento se puso en marcha el 1 de agosto. A partir de esa fecha, todas las actividades programadas comenzaron a ejecutarse, generando nuevos datos estadísticos que se presentarán en la Tabla 13. En el cuadro de disponibilidad posterior al plan de mantenimiento, se observa un aumento de la disponibilidad al incrementar de 73% a 92%, siendo que este incremento se debe a las actividades de mantenimiento realizadas conforme al plan, lo cual ha permitido garantizar que el equipo funcione en óptimas condiciones.

El plan de mantenimiento implementado resultó en un incremento del 7% en la disponibilidad en solo cuatro meses de aplicación. Los resultados detallados se encuentran en el cuadro de disponibilidad, donde también se observa que las horas muertas aumentaron de 102 a 111 durante este período. Este incremento de 9 horas indica que el equipo se encontraba en funcionamiento la mayor parte del tiempo y que el tiempo de reparación fue mínimo, ya que solo se detuvo para realizar los mantenimientos preventivos indicados en el plan. Esto contrasta con los primeros cuatro meses del proyecto, de julio a octubre de 2022, donde el incremento de horas muertas fue de 36 horas en total.

**Tabla 5.**

Disponibilidad posterior a la implementación

EQUIPO	HORAS DISPONIBLES DEL EQUIPO	HORAS MUERTAS	N° FALLAS	MTBF	MTTR	Disponibilidad
88FC5-TG1	53	9	1	44.00	9.00	83%
	65	9	2	28.00	4.50	86%
	113	9	1	104.00	9.00	92%
	169	9	1	160.00	9.00	95%
	193	9	1	184.00	9.00	95%
	217	9	1	208.00	9.00	96%
	224	9	2	107.50	4.50	96%
	258	9	1	249.00	9.00	97%
	360	9	1	351.00	9.00	98%
	384	9	1	375.00	9.00	98%
	400	9	1	391.00	9.00	98%
	452	9	1	443.00	9.00	98%
	468	11	1	457.00	11.00	98%
	586	11	1	575.00	11.00	98%
	612	11	1	601.00	11.00	98%
703	14	1	689.00	14.00	98%	
Total	5257	155	18	310.41	9.13	97%

Fuente: Tomado de la empresa

**Interpretación**

En la tabla anterior se muestra que en promedio se tuvo una disponibilidad del 97% después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, esto quiere decir que aumento de 74% a 97% la disponibilidad en los motores BALDOR. Además, en el indicador MTBF se redujo de 310.41 a 229.16 la media de tiempo entre fallos reparables, así como el MTTR se redujo de 81.25 a 9.13, lo cual evidencia la media de tiempo que se tarda en reparar un sistema.

## V. DISCUSIÓN

Se evaluó la disponibilidad de los equipos motores eléctricos en el taller de mantenimiento de la empresa DYC, teniendo como muestra un motor BALDOR común de 75 HP, el cual fue evaluado durante 4 meses para hallar que el incremento de disponibilidad que obtiene después de la elaboración de un plan de mantenimiento al equipo es de 23%.

Con respecto a la disponibilidad del equipo, se realizó un análisis de fallas más comunes que afectan a un motor eléctrico, así como la evaluación de la calidad del mantenimiento actual que se viene manejando en la empresa. Estas fallas identificadas están sujetas a los límites establecidos por el fabricante, los cuales sirven como referencia para determinar si el motor está funcionando adecuadamente sin el riesgo de un fallo durante la producción. Además, se evaluaron diversos factores según la categoría encontrando que la falta de un plan era la principal causa de las fallas (ACR) y proponiendo soluciones y reparaciones cada periodo de tiempo indicada (MTTR y MTBF). Los hallazgos encontrados concuerdan por Mala et al. (2008) que al programar inspecciones y reparaciones menores como lo es un plan de mantenimiento, este reducirá el tiempo fuera de servicio de estas máquinas eléctricas rotativas. A diferencia de Mala, la investigación se realizó con el neto objetivo de identificar la disponibilidad del equipo mediante el control adecuado de periodos de mantenimiento e inspección, así como se concuerda con la investigación "ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y CORRECTIVO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS EN UNA PLANTA TREFILADORA", pero obteniendo el contraste entre un mantenimiento preventivo con los correctivos y predictivos, al final, concluyendo en que el mantenimiento preventivo reduce los tiempos de parada debido a la ejecución de sus reparaciones programadas. Se logró elaborar el plan de mantenimiento preventivo más una breve examinación de la calidad del sistema mismo, con lo cual según el resultado del primer objetivo y el principal, referente a la disponibilidad se observa que incremento de 74% a 97%, del motor BALDOR en evaluación, es decir, subió 23% para un periodo de tiempo de 4 meses de trabajo, con este resultado, se evidencia que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo con una metodología basada en las necesidades del

equipo, incrementan la disponibilidad en los motores que sometemos a evaluación con las tablas utilizadas de ficha de información y evaluación RCM. Examinando la literatura existen, se revela una similitud con la investigación de Gómez y Velásquez en su tesis “Metodología de la gestión de mantenimiento para aumentar los niveles de servicio en los motores eléctricos, en la empresa Delcrosa Servicios y Fabricaciones S.A. Callao, 2019”, en la cual implementó instrumentos de evaluación para averiguar el estado de la gestión de mantenimiento y la implementación un plan en sus equipos de trabajo, haciendo que incrementen sus servicios en un 12%. Entre ambas tesis, se encuentra como base principal del plan de mantenimiento creado, el uso de formatos de hojas de información RCM y la evaluación del MTTR y MTBF que se obtuvo al analizar de forma mensual el trabajo de los equipos, la cual, según Montilla, 2016, se explica que este primero es la dimensión de la distribución en los tiempos, mientras que el segundo, es el periodo de tiempo desde el activo en trabajo hasta la falla funcional.

En cuando a las fallas más comunes que se obtiene para realizar el mantenimiento del equipo, se obtiene que la mayor concentración de falla en general para el sistema de motores en los cuales se quieren intervenir, viene desde la ausencia de un plan de mantenimiento con un 17% de frecuencia, esto determinado por el Diagrama de Ishikawa. En el análisis llevado a cabo por Aguilar & Camacho (2008), se aplicó un plan RCM que resultó en la existencia del 45% de las fallas inaceptables mediante la evaluación de los índices de riesgo, tales como gravedad, ocurrencia y detención. Con este enfoque analítico se comparó con las fallas comunes en la presente tesis para identificar distintos modos de falla, logrando reducir identificar un 17% de fallas frecuentes de las fallas consideradas inaceptables. Es por ello que en comparación con la base establecida por Pacheco (2018) en su tesis, que aborda la creación de una propuesta para instaurar un modelo de mantenimiento preventivo con el objetivo de eliminar las fallas y minimizar las interrupciones, proponiendo un plan específico de mantenimiento preventivo, esta tesis logra cumplir con éxito los resultados previstos en relación con los objetivos planteados.

Con respecto al nuevo diagnóstico del sistema de mantenimiento actual de la empresa, previa elaboración de plan, se evaluó el impacto del mantenimiento

preventivo considerando el diagnóstico de la disponibilidad del equipo motor BALDOR de 75 HP. Esto demostró una gestión efectiva del mantenimiento, en línea con lo señalado por Ruíz en 2014, quien respalda que dicha mejora conlleva a la reducir los gastos en mantenimiento, además de un aumento en la disponibilidad de activos fijos, así como un mayor grado de conservación de los bienes tangibles. Estos aspectos se cumplieron, mostrando un índice de conformidad (evaluación de calidad en tabla 2) superior la inicial y evidenciando un Buen Sistema de Mantenimiento, obteniendo de un 49% de calidad del sistema a un 74% obtenido por una segunda evaluación a los encargados operativos de mantenimiento eléctrico.

Se emplearon los formatos de Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y Tiempo Medio de Reparación (MTTR), tal como lo explica Montilla en 2016, el MTBF sirve para mostrar el período de tiempo que transcurre hasta la ocurrencia de una falla, mientras que el MTTR representa la distribución de los tiempos de reparación del sistema. Este tipo de instrumentos se utilizaron previamente por Ticlavilca en 2016, que, según lo mencionado en su tesis, donde indicó que estos formatos fueron útiles para obtener un pretest y un pos test de la disponibilidad, permitiendo así su comparación y demostrando la mejora de esta variable como resultado del método propuesto. Los formatos MTBF y MTTR también fueron incluidos en esta investigación, ya que el valor inicial contribuye al análisis de la variable independiente para evaluar el estado del equipo motor BALDOR de muestra. Estos formatos exhibieron un cambio muy relevante respecto a las horas de proceso, como se evidenció en el artículo científico de Hoseinie y otros en 2015, denominado en español como "Planificación del Mantenimiento Preventivo óptimo para el sistema de pulverización de agua del tambor esquilador"; en este artículo, los autores señalaron que el modelo propuesto ayudó a reducir el período de inactividad del equipo, aumentando las horas operativas en 6 horas. De forma comparativa, se evaluó que las horas operacionales después del plan del mantenimiento preventivo, este motor obtuvo un promedio de horas operacionales entre 26 horas a 118 horas. En cuanto a los resultados de horas de reparación, con los formatos utilizados en la presente investigación se observa que las reparaciones anteriormente variaban entre 10 a 14 horas de forma mensual, y después de la elaboración del plan de mantenimiento, estas horas de 1 a 4 horas como máximo,

y esto debido al empleo de las actividades resaltadas dentro de lo programado del plan. Por lo tanto, se observa que el factor de planificación del mantenimiento preventivo es apto para cumplir con los objetivos de la investigación, proporcionando beneficios organizacionales, como un mayor índice de operatividad en los equipos y la disminución de los gastos en mantenimiento. En comparación con la investigación, se confirma que un factor similar contribuyó al aumento del período de operatividad de los montacargas y a la disminución tanto del número como del tiempo de las reparaciones asociadas a estos sistemas. Además, según Arques en 2010, indica la fiabilidad de un equipo, es decir, la probabilidad de que funcione correctamente en las condiciones y el tiempo especificado. En relación al tiempo para reparaciones (MTTR), según Mesa et al (2008), mide la mantenibilidad, siendo la probabilidad de restaurar las condiciones puntuales para el funcionamiento. En comparación con otros proyectos, como la tesis de García en 2013, titulada "Mejorar actividades del Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de bajo perfil de la U.M Milpo IESA S.A", se observaron similitudes en la disminución de horas de mantenimiento de prevención en sistemas críticos, como el hidráulico, y un aumento en la disponibilidad. En esta investigación, los sistemas más críticos fueron la falta de procedimientos, lo que se reflejó en reducciones significativas en las horas de reparación y resultados coherentes con los informes de fallas finales. En consecuencia, se evidenció un impacto positivo en la disponibilidad, con un aumento del 23%, indicando que la aplicación del mantenimiento para prevenciones elevó el nivel de disponibilidad del motor BALDOR en prueba.

En cuanto a la relevancia de la investigación, se planteó la inversión inicial que usa esta desde el mantenimiento correctivo en comparación con la inversión anual para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo, teniendo este un menor costo de inversión. Debido a que este tipo de motor es el más usado dentro de los solicitados a mantenimiento por nuestra empresa cliente, es un plan de uso favorable ya que no requiere la atención ni creación de algún otro tipo. De ser el caso, los motores cumplen con la función similar, teniendo los entornos iguales, así como el tiempo en servicio ya que trabajan 6 motores al mismo tiempo por cada turbina, siendo todos de la misma potencia (75 HP). Se encontraron limitaciones al realizar la investigación acerca de la deficiencia de estructuras en documentación, fue de

difícil alcance encontrar ordenes de trabajo donde especifiquen las fallas y tiempos de parada, sin embargo, estos fueron de utilidad media, ya que usualmente se tiene un estándar de uso mensual.

Se empleó una metodología cuantitativa para averiguar el incremento en porcentaje de disponibilidad debido a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo considerando que la información principal proviene de la identificación de fallas y procedimientos de reparación basados en manual de fabricantes y normas técnicas internacionales, se utilizó el diseño preexperimental para aplicar en una sola muestra de la población (Motor Baldor de 75 HP) y comprobar que utilizando un plan de mantenimiento este incrementaba en disponibilidad. Se determinó que se necesitarían meses adicionales de prueba para afirmar con certeza que la investigación ha arrojado resultados positivos en su totalidad. No obstante, a pesar del tiempo limitado empleado, en un tiempo de 4 meses, se lograron implementar las actividades planificadas. Un aspecto facilitador y una fortaleza inherente a la metodología utilizada, radica que, al centrarse en la realidad cotidiana, nuestra investigación preexperimental a menudo generó resultados que tienen aplicaciones prácticas directas en situaciones del mundo como la comunicación efectiva con los operarios de la empresa cliente, impulsada por la constante demanda de servicios continuos anuales por parte de la empresa contratista.

## VI. CONCLUSIONES

1. La elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, aumenta el indicador de disponibilidad del motor BALDOR de 75 HP de 74% hasta un 97% tras su implementación, esto debido a las inspecciones semanales y reparaciones y /o mantenimiento menor del equipo en campo. Poniendo en práctica aún el plan de mantenimiento, a largo plazo se estima que se mejora el mantenimiento de los motores.
2. En el objetivo específico 1, se logra establecer una disponibilidad de 74% en los 4 meses que se ha evaluado a los motores BALDOR, en donde se destaca que es necesario acciones para su aumento.
3. En el objetivo específico 2, se determinó mediante el análisis de causa raíz de fallas constantes (RCA) que una de las causas principales de la baja disponibilidad es la inexistencia de un plan de mantenimiento, representando un 17% del total, por lo que fue importante establecer un plan de mantenimiento preventivo.
4. En la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), se logró identificar las actividades, asignación de recursos y tareas necesarias según la prioridad a fin de reducir el tiempo de inactividad o los gastos relacionados a las fallas en los equipos.
5. En el objetivo específico 4, que es evaluar la disponibilidad en la empresa DYC por la reparación de motores BALDOR se obtuvo una mejora en la productividad de 74% a 97%, en ese sentido, en el indicador MTBF se redujo de 310.41 a 229.16 la media de tiempo entre fallos reparables, así como el MTTR se redujo de 81.25 a 9.13, lo cual evidencia la media de tiempo que se tarda en reparar un sistema, por lo tanto, se concluye que el plan de mantenimiento repercutió en la mejora de la disponibilidad.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda proporcionar capacitación detallada al personal encargado de llevar a cabo el mantenimiento preventivo y comprobar de que comprendan los procedimientos, las frecuencias y la importancia de cada tarea. Establecer un correcto control de los registros y documentos eficientes para realizar un seguimiento de todas las actividades de mantenimiento. Esto incluye registros de inspecciones, resultados de pruebas y cualquier ajuste o reparación realizada.

Asegurar mantener un inventario adecuado de repuestos y suministros esenciales para el motor, reduciendo así el tiempo de inactividad en caso de reparaciones.

La empresa DYC alienta a sus empresas clientes integrar el plan de mantenimiento preventivo en su calendario de operaciones. Coordinar las tareas de mantenimiento con las pausas planificadas en la producción puede minimizar el impacto en la operación normal una vez considerado el equipo en campo, así como realizar evaluaciones periódicas para identificar áreas de mejora y ajusta el plan según sea necesario.

Como mejora de implementación, es recomendable promover la colaboración continua con los proveedores de equipos y componentes que requiere el motor en estudio.

Implementar estas recomendaciones contribuirá a mantener la confiabilidad y eficiencia del motor a lo largo del tiempo, reduciendo el riesgo de fallas no planificadas y optimizando la gestión de activos en la empresa, de igual forma se fomenta una comunicación abierta y efectiva entre los equipos de mantenimiento, operarios y la dirección para abordar cualquier problema o ajuste necesario.

Asimismo, se recomienda fomentar una cultura de retroalimentación, animar a los operadores y al personal de mantenimiento de la empresa CLIENTE a proporcionar comentarios sobre el rendimiento del equipo y las eficacias del plan de mantenimiento preventivo para impulsar una mejora continua del plan.

## REFERENCIAS

- AHMAD, H., GUN, T. y ERRY, R. Implementation MTBF (Mean Time Between Failures) to Reduce Cost of Maintenance Painting Line& Product Defect at Sparepart Accessories Factory. *International Journal of Innovative Science and Research Technology* [en línea]. 2018, vol. 3, no. 6. Disponible en: <https://ijsrt.com/wp-content/uploads/2018/06/Implementation-MTBF-Mean-Time-Between-Failures-to-Reduce-Cost-of-Maintenance-Painting-Line-Product-Defect-at-Sparepart-Accessories-Factory-1.pdf>.
- AHMAD, R., KAMARUDDIN, S., AZID, I. y ALMANAR, I. Maintenance management decision model for preventive maintenance strategy on production equipment. *Spring* [en línea]. 2011, vol. 7, no. 13, pp. 22-34. Disponible en: [https://www.sid.ir/EN/VEWSSID/J\\_pdf/117320111303.pdf](https://www.sid.ir/EN/VEWSSID/J_pdf/117320111303.pdf).
- ALARCON, B. A. y ROMERO, D. M. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado ubicada en la ciudad de Santa Elena. *Universidad Politécnica Salesiana* [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2023]. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20080/1/UPS-GT003160.pdf>
- AL-NAJJAR, B. y ALGABROUN, H. A Model for Increasing Effectiveness and Profitability of Maintenance Performance: A Case Study. *Lecture Notes in Mechanical Engineering* [en línea]. 2018, pp. 1-12. Disponible en: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-62274-3\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-62274-3_1).
- BASRI, E.I., ABDUL, I.H., AB-SAMAT, H. y KAMARUDDIN, S. Preventive maintenance (PM) planning: a review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [en línea]. 2017, vol. 23, no. 2, pp. 114-143. ISSN 1355-2511. DOI 10.1108/JQME-04-2016-0014. Disponible en: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JQME-04-2016-0014/full/html>.
- BUENO, M. Mantenimiento preventivo y predictivo para motores eléctricos. *Ingeniería, Innovación Tecnológica y Ciencia* [en línea]. 2022, vol. 1, no. 2, pp.

38-47. Disponible en:  
<https://revistasuba.com/index.php/InnovaTec/article/view/310>.

CHÁVEZ, D. *Mejora en la implementación del RCM de los grupos electrógenos y motores trifásicos de inducción del lote V de la Empresa Graña y Montero S.A.A, para aumentar la disponibilidad operacional* [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejo Disponible en:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34562/chavez\\_rd.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34562/chavez_rd.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

CHOUDHARY, D., TRIPATHI, M. y SHANKAR, R. Reliability, availability and maintainability analysis of a cement plant: a case study. *International Journal of Quality & Reliability Management* [en línea]. 2019, vol. 36, no. 3, pp. 298-313. ISSN 0265-671X. DOI 10.1108/IJQRM-10-2017-0215. Disponible en:  
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJQRM-10-2017-0215/full/html>.

CORREA, C. A., ESCOBAR, GALVIS, J. A., y MENA, J. I. Implementación de analítica de datos para el mantenimiento predictivo de motores eléctricos. *Institución Universitaria Pascual Bravo*. [en línea]. 2023 .Disponible en:  
[https://repositorio.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/2303/1/Rep\\_I\\_UPB\\_Ing\\_Ele\\_Anal%c3%adtica\\_Datos.PDF](https://repositorio.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/2303/1/Rep_I_UPB_Ing_Ele_Anal%c3%adtica_Datos.PDF)

DANISH, M. y ZIA SIDDIQUI, T. Maintenance Management System: A Profit Centre. *Global Journal of Enterprise Information System* [en línea]. 2017, vol. 8, no. 3, pp. 41. ISSN 0975-1432. DOI 10.18311/gjeis/2016/15735. Disponible en:  
<http://www.informaticsjournals.com/index.php/gjeis/article/view/15735>.

DIESTRA, J.P., ESQUIVIEL, L. y GUEVARA, R. Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación* [en línea]. 2017, vol. 4, no. 1. ISSN 2313-1926. DOI 10.26495/icti.v4i1.530. Disponible en:  
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/530>.

ESPINOZA, A. T. y GRADO, I. A. Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en mantenimiento autónomo para mejorar la disponibilidad del área de

formato continuo en la empresa Latin Desing S.A.C. Tesis (Tesis de Ingeniería Industrial). Lima: *Universidad Tecnológica del Perú*. 2024. Disponible en: [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/8787/I.Grados\\_A.Espinoza\\_Tesis\\_Titulo\\_Profesional\\_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/8787/I.Grados_A.Espinoza_Tesis_Titulo_Profesional_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ETIKAN, I., ABUBAKAR, S. y SUNUSI, R. Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics* [en línea]. 2016, vol. 5, no. 1, pp. 1-4. ISSN 2326-8999. DOI 10.11648/j.ajtas.20160501.11. Disponible en: <http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=146&doi=10.11648/j.ajtas.20160501.11>.

FARROKHI, F. y MAHMOUDI, A. Rethinking Convenience Sampling: Defining Quality Criteria. *Theory and Practice in Language Studies* [en línea]. 2012, vol. 2, no. 4, pp. 784-792. ISSN 1799-2591. DOI 10.4304/tpls.2.4.784-792. Disponible en: <http://www.academypublication.com/issues/past/tpls/vol02/04/20.pdf>.

FERNANDEZ, Alberto. Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial. 2° ed. Madrid, España: Integra Markets, Grupo América Factorial S.A.C. 2018. 38pp ISBN 978-13-70710-76-8

GARAVITO, M. *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la flota de generadores empresa Generación y Sistemas S.P.A. (GENESYS)* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica Federico Santa María. 2018. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45813/3560901544009UTF SM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GARCÍA, Santiago. Plan de Mantenimiento. [En línea]. Renovetec. 2014. [Fecha de consulta 6 de mayo del 2018]. Disponible en: <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>

GARCÍA, Oliverio. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Principios fundamentales. 1° ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2012. 168pp. ISBN: 978-958-762-051-1

GARCÍA, Jesús. Mejorar actividades del mantenimiento preventivo para

incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de bajo perfil de la U.M MILPO IESA S.A. Tesis (Pregrado). Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. Disponible en: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/191/FIM13\\_410.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/191/FIM13_410.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

GEISBUSH, J. y ARIARATNAM, S.T. Reliability centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [en línea]. 2023, vol. 29, no. 2, pp. 313-337. ISSN 1355-2511. DOI 10.1108/JQME-02-2021-0018. Disponible en: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JQME-02-2021-0018/full/html>.

GRAMSCH, José. Guía práctica para la Administración del Mantenimiento para gerentes y dueños de empresas: serie guías prácticas de Ingeniería Industrial. 2° ed. Santiago de Chile: Kindle Edition, 2014. 248pp.

GUTIÉRREZ, Eduard. Desarrollo e implementación de un plan de Mantenimiento Planificado para las maquinarias de la empresa Manrique Losada y Compañía S.A.S. Tesis (Pregrado). Bogotá D.C: Fundación Universidad de América, 2017. Disponible en: [repositorio.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6338/1/4032023-2017-1-IM.pdf](http://repositorio.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6338/1/4032023-2017-1-IM.pdf)

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María Metodología de la Investigación. 1°. ed. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. 2010. 207pp. ISBN: 968-422-931-3

HIDALGO, J. R. Manual de mantenimiento preventivo y correctivo de la subestación de 5 MVA de 69-13.8 KV de la empresa TECNOVA. Tesis (Tesis de Ingeniería Eléctrica Mecánica). Guayaquil: *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. 2020. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14281/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-237.pdf>

HOSSLER, T., SIMSEK, M. y FETTWEIS, G.P. Joint Analysis of Channel Availability and Time-Based Reliability Metrics for Wireless UURLLC. *2018 IEEE*

*Global Communications Conference (GLOBECOM)* [en línea]. 2018, 1, 1, pp. 206-212. ISBN 978-1-5386-4727-1. DOI 10.1109/GLOCOM.2018.8647801. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8647801/>.

KNEŽEVIĆ, V., STAZIĆ, L., OROVIĆ, J. y PAVIN, Z. Optimisation of Reliability and Maintenance Plan of the High-Pressure Fuel Pump System on Marine Engine. *Polish Maritime Research* [en línea]. 2022, vol. 29, no. 4, pp. 97-104. ISSN 2083-7429. DOI 10.2478/pomr-2022-0047. Disponible en: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/pomr-2022-0047>.

LAWAL, I. Data collection techniques a guide for researchers in humanities and education. *International Research Journal of Computer Science and Information Systems* [en línea]. 2013, vol. 2, no. 3, pp. 40-44. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Lawal-Sani/publication/278523873\\_data-collection-techniques-a-guide-for-researchers-in-humanities-and-education/links/5581467008aea3d7096e6a09/data-collection-techniques-a-guide-for-researchers-in-humanities-and-education.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lawal-Sani/publication/278523873_data-collection-techniques-a-guide-for-researchers-in-humanities-and-education/links/5581467008aea3d7096e6a09/data-collection-techniques-a-guide-for-researchers-in-humanities-and-education.pdf).

LILIANA, L. A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2016, vol. 161, no. 1, pp. 012099. ISSN 1757-8981. DOI 10.1088/1757-899X/161/1/012099. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/161/1/012099>.

MAJID, U. Research Fundamentals: Study Design, Population, and Sample Size. *Undergraduate Research in Natural and Clinical Science and Technology (URNCSST) Journal* [en línea]. 2018, vol. 2, no. 1, pp. 1-7. DOI 10.26685/urncst.16. Disponible en: <http://urncst.com/index.php/urncst/article/view/16>.

MENA, R., VIVEROS, P., ZIO, E. y CAMPOS, S. An optimization framework for opportunistic planning of preventive maintenance activities. *Reliability Engineering & System Safety* [en línea]. 2021, vol. 215, no. May, pp. 107801. ISSN 09518320. DOI 10.1016/j.ress.2021.107801. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107801>.

MOREANO, F. R. y PÉREZ, E. Plan de mantenimiento preventivo para la mejora

- del índice de falla de un sistema de transporte neumático. *Dominio de las Ciencias*. [en línea]. 2020, 6, 4. Disponible en:
- NICOMEDES, N. Tipos de Investigación. *Repositorio Institucional USDG* [en línea]. 2018, pp. 1-4. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>.
- NURPRIHATIN, F., ANGELY, M. y TANNADY, H Total Productive Maintenance Policy to Increase Effectiveness and Maintenance Performance Using Overall Equipment Effectiveness. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering* [en línea]. 2019, vol. 6, no. 3, pp. 184-199. DOI 10.22105/jarie.2019.199037.1104. Disponible en: [https://www.journal-aprie.com/article\\_95315\\_b621ce39157723972f0feb50aeb3f687.pdf](https://www.journal-aprie.com/article_95315_b621ce39157723972f0feb50aeb3f687.pdf).
- OKOH, C., ROY, R. y MEHNEN, J. Predictive Maintenance Modelling for Through-Life Engineering Services. *Procedia CIRP* [en línea]. 2017, vol. 59, no. TESCConf 2016, pp. 196-201. ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2016.09.033. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.09.033>.
- PÉREZ César y GARCÍA, Mario. A typical preventive maintenance plan. *Latindex* [en línea]. Agosto 2015, 33(15):143-153 [Fecha de consulta: 15 de junio del 2018]. Disponible en: [http://reaxion.utleon.edu.mx/Art\\_Impr\\_un\\_tipico\\_plan\\_de\\_mantenimiento\\_preventivo.htm](http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Impr_un_tipico_plan_de_mantenimiento_preventivo.htm) 1 ISSN: 2007-7750.
- PÉREZ, A.P. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para un motor eléctrico trifásico de 4 kW y 1500 rpm con arrancador estrella – triángulo. *Universidad Antonio Nariño* [en línea]. 2023. Disponible en: [http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7637/2/2023\\_ArminPrimeraPérez.pdf](http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7637/2/2023_ArminPrimeraPérez.pdf).
- PICÓN, D., GALARETTO, M.H. y AMOZURRUTIA, J. Descomposición jerárquica de la Unidad de análisis. *Informes Científicos Técnicos - UNPA* [en línea]. 2016, vol. 8, no. 1, pp. 245-263. ISSN 1852-4516. DOI 10.22305/ict-unpa.v8i1.159. Disponible en: <https://publicaciones.unpa.edu.ar/index.php/ICTUNPA/article/view/540>.

- RAMOS, C. Diseños de Investigación Experimental. *CienciAmérica* [en línea]. 2021 vol. 10, no. 1. ISSN 1390-9592. Disponible en: <https://www.cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/download/356/698>.
- SAKIB, N. y WUEST, T. Challenges and Opportunities of Condition-based Predictive Maintenance: A Review. *Procedia CIRP* [en línea]. 2018, vol. 78, pp. 267-272. ISSN 22128271. DOI 10.1016/j.procir.2018.08.318. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212827118312344>.
- SÁNCHEZ, D.V. Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río* [en línea]. 2022, vol. 9, no. 17, pp. 38-39. ISSN 2007-7629. DOI 10.29057/estr.v9i17.7928. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/7928>.
- SERRANO, L. y MARTÍNEZ, J. *Máquinas eléctricas* [en línea]. 4ta. Valencia: 2015. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/77750/IPP-Serrano;Martínez - MÁQUINAS ELÉCTRICAS.pdf?sequence=2>.
- TICLAVILCA, Jhan. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica del equipo ALPHA20 de la empresa Robocon SAC. Tesis (Pregrado). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3657/Ticlavilca%20Rauz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- TRUJILLO, R. E. Mantenimiento predictivo de motores eléctrico. *Universidad Mayor de San Andrés*. Tesis (Tesis de Ingeniería Eléctrica). La Paz. 2023. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/34921>
- WIENKER, M., HENDERSON, K. y VOLKERTS, J. The Computerized Maintenance Management System an Essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering* [en línea], 2016, vol. 138, pp. 413-420. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2016.02.100. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705816004641>.
- WU, S. y ZUO, M.J. Linear and Nonlinear Preventive Maintenance Models. *IEEE*

*Transactions on Reliability* [en línea]. 2010, vol. 59, no. 1, pp. 242-249. ISSN 0018-9529. DOI 10.1109/TR.2010.2041972. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5418928/>.

YUSUF, I.. Reliability modelling of a parallel system with a supporting device and two types of preventive maintenance. *International Journal of Operational Research* [en línea]. 2016, vol. 25, no. 3, pp. 269. ISSN 1745-7645. DOI 10.1504/IJOR.2016.074754. Disponible en: <http://www.inderscience.com/link.php?id=74754>.

## ANEXOS

**Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables**

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR hasta 100 HP.	El mantenimiento preventivo es la efectuación de actividades programadas periódicamente con el fin de evitar futuros imprevisto o anomalías. Según los documentos normativos UNE (Una Norma Española), se cataloga el mantenimiento preventivo como una acción que se llevará a cabo para evaluar y/o mitigar la degradación y así reducir probabilidad de fallo de un elemento. (UNE-EN 13306:2018).	Para determinar un plan de mantenimiento preventivo se debe tener identificado los parámetros de operación en su modo de falla, efectos y consecuencias que se ocasionan en el proceso. (Guillen Casamayor & Reyna Vásquez, 2020)	Intervenciones de mantenimiento correctivo realizadas	- Número de intervenciones	Razón
			Análisis de causa-raíz (RCA)	- Causas críticas	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Incremento de disponibilidad en la empresa DYC.	La disponibilidad, principal meta del mantenimiento, puede ser descrita como la certeza de que un elemento o sistema que ha sido sometido a mantenimiento funcione de manera adecuada durante un periodo específico. En la realidad, la disponibilidad se mide como el porcentaje de tiempo en que el sistema está preparado para funcionar o producir, particularmente en sistemas de operación continua (Choudhary, Tripathi y Shankar, 2019)	La disponibilidad se refiere al porcentaje de tiempo en el cual un sistema o equipo está operativo y listo para cumplir su función, considerando tanto el tiempo sin fallos (MTBF) como el tiempo de recuperación ante fallos (MTTR). Se calcula como el cociente entre el MTBF y la suma de MTBF y MTTR, expresado en porcentaje.	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	- Modo de falla - Efecto de falla	De razón
			Tiempo medio entre fallos (MTBF)	- Media de tiempo entre fallos	
			Tiempo estimado o promedio para reparar (MTTR)	- Media de tiempo que se tarda en reparar un sistema	

## Anexo 02. Instrumentos de recolección de datos

### Cuestionario para evaluar la calidad del mantenimiento preventivo realizado

N°	Criterio	0 (DESF)	1	2	3 (FAV)
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado?	Tiempo de respuesta muy lento.	Desfavorable	Aceptable, pero con inconvenientes.	Inmediato
2	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	No	No siempre	Casi siempre	Sí
3	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	No	Sí, pero la forma no es la adecuada.	Mejorable, pero aceptable.	Sí
4	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la planta mejoren?	No	Graves defectos.	Mejorable, pero aceptable.	Sí
5	¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la planta (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc) mejoren?	No	Muy poca incidencia.	Mejorable, pero aceptable.	Sí
6	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
7	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
8	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
9	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
10	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
11	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
12	¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
13	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
14	¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo se corresponden a lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
15	¿Las herramientas de taller se corresponden a lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si

16	¿El taller está situado en un lugar apropiado?	En el peor lugar posible	No, pero tiene solución	Mejorable	Lugar óptimo
17	¿Está limpio y ordenado su interior?	No, muy desordenado	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	Excelente
18	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
19	¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
20	¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
21	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas, elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc.)?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
22	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	No	En general no	Mejorable, pero aceptable	Si
23	¿El plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	No	En general no	Mejorable, pero aceptable	Si
24	¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	No	Muy pocos	Lo más importante	Si
25	¿El plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?	No	En general no	Mejorable, pero aceptable	Si
26	¿El plan de mantenimiento se realiza?	No	En general no	Mejorable, pero aceptable	Si
27	¿La proporción entre horas-hombre dedicadas a mantenimiento programado es la adecuada?	No, todo es correctivo	Gran parte correctivo	Mejorable, pero aceptable	Si
28	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
29	¿El tiempo medio de la resolución de una avería es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
30	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	No	Si, pero tiene graves defectos	Si, pero es mejorable	Si
31	¿Este sistema se usa correctamente?	No	En general no	En general si	Si
32	¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
33	¿El número de averías pendientes de revisión es bajo?	Muy alto	Regular	Mejorable	Muy bajo
34	¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?	No	En general no	En general si	Si
35	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?	No, nunca	En general no	En general si	Siempre de forma sistematizada
36	¿El proceso de implementación de un nuevo procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Si, pero es incorrecto	Si, pero es mejorable	Si
37	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	No	En general no	En general si	Si

38	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	No, nunca	En general no	En general si	Si
39	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	No, nunca	En general no	En general si	Siempre
40	¿El formato de orden de trabajo es adecuado?	No	Deficiencias graves	Mejorable, pero aceptable	Si
41	¿Los operadores cumplen correctamente estas órdenes?	No	En general no	En general si	Si
42	¿Se comprueba periódicamente que se dispone ese stock?	No	En general no	Si, pero de forma sistemática	Si
43	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
44	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
45	¿Los movimientos de almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
46	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
47	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No, nunca	Solo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
48	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
49	¿La disponibilidad media de planta es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
50	¿La evolución de la disponibilidad positiva (está aumentando la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	SI
51	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
52	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	SI
53	¿El número OT de emergencia es bajo?	Si	Es alto	Si	Excelente
54	¿El número OT de emergencia está descendiendo?	No	Es bajo	Si	Excelente
55	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
56	¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Si, pero es incorrecto	Si, pero es mejorable	Si
57	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos desciende?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
58	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
59	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si

60	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
61	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
62	¿El gasto en repuestos es adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
63	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
64	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	No	En general no	En general si	Si
65	¿El sistema informático aporta información fiable?	No	En general no	En general si	Si
66	¿El sistema informático aporta información útil?	No	En general no	En general si	Si
67	¿Los mandos de mantenimiento consultan la información contenida en el sistema informático?	No	En general no	En general si	Si
68	¿El personal de mantenimiento consulta la información contenida en el sistema informático?	No	En general no	En general si	Si
69	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No	Si, pero no contiene información útil	Mejorable, pero es aceptable	Si
70	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	No	Si, pero no es válida	Mejorable, pero aceptable	Si
71	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	No	En general no	Mejorable, pero aceptable	Si
72	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general no	Si, pero de forma sistemática	Si
73	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
74	¿Se realiza periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
75	¿Los movimientos de almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
76	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	Muchas discrepancias	Pequeñas deficiencias	Si
77	¿El almacén está limpio y ordenado?	No	En general no	Mejorable, pero aceptable	Si
78	¿El almacén está situado en un lugar adecuado?	No	No, aunque no hay otro sitio	Mejorable, pero aceptable	Si
79	¿Es fácil localizar cualquier pieza?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
80	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
81	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No, nunca	Solo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre

82	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
83	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
84	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentando la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
85	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
86	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
87	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
88	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es baja	Si	Excelente
89	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
90	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
91	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
92	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
93	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
94	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	No	En general no	En general si	Si
95	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	No	En general no	En general si	Si
96	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si

<b>Resumen de resultados de mantenimiento</b>	
0=Malo	
1=Regular	
2=Bueno	
3=Excelente	

**Fuente:** García Oliviero,

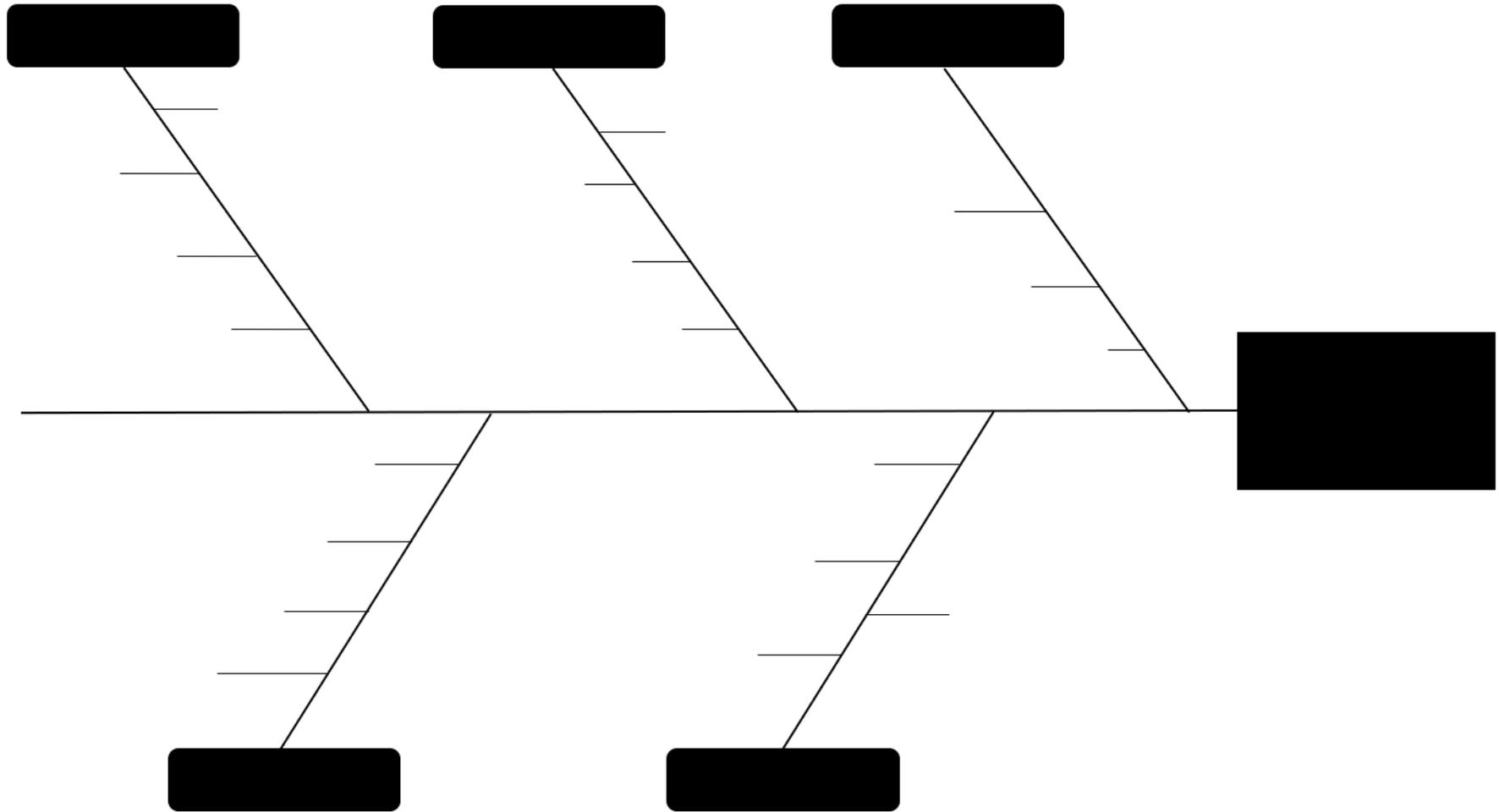
**FICHA DE OBSERVACIÓN “INFORMACIÓN RCM”**

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	HOJA
	SUB SISTEMA/COMPONENTE	SUB SISTEMA N°			DE
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE LAS FALLAS		

Fuente: Elaboración propia.



# DIAGRAMA DE ISHIKAWA





**Ficha de reporte de fallas**

EQUIPO	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	SISTEMA	CAUSA DE FALLA	RESPONSABLE	HORAS DISPONIBLES DEL EQUIPO	HORAS MUERTAS	N° FALLAS
SUMA TOTAL								
MTBF: Tiempo medio entre fallas								
MTTR: Tiempo medio entre reparaciones								
% de disponibilidad								

**Consentimiento Informado (\*)**

Título de la investigación: Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para incrementar su disponibilidad en la empresa DYC Investigador (a) (es): Churacutipa Maquera, Grecia y Narbona Casani, José Noel.

**Propósito del estudio**

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para incrementar su disponibilidad en la empresa DYC", cuyo objetivo es elaborar un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR de 100 HP para incrementar la disponibilidad en la empresa DYC. Esta investigación es desarrollada por estudiantes pregrado de la carrera profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Universidad César Vallejo del campus Trujillo, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución DYCSRL. Describir el impacto del problema de la investigación.

**Procedimiento**

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente (enumerar los procedimientos del estudio):

1. Se realizará una encuesta o entrevista donde se recogerán datos personales y algunas preguntas sobre la investigación titulada: "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR de 100 HP para incrementar la disponibilidad en la empresa DYC".
2. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de 15 minutos y se realizará en el ambiente de taller de la institución DYCSRL. Las respuestas al cuestionario o guía de entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

**Participación voluntaria (principio de autonomía):**

Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

**Riesgo (principio de No maleficencia):**

Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

**Beneficios (principio de beneficencia):**

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

**Confidencialidad (principio de justicia):**

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinda es totalmente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

**Problemas o preguntas:**

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con el Investigador (a) CHURACUTIPA MAQUERA, Grecia Nadine, email: grecian\_maquera@hotmail.com y Docente asesor Cuadros Camposano, Edwin Huber.

**Consentimiento**

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre: Rolando Mamen y Gutierrez apellidos:  
Fecha: 17 Agosto 3 pm hora

### Consentimiento Informado (\*)

Título de la investigación Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para incrementar su disponibilidad en la empresa DYC Investigador (a) (es): Churacutipa Maquera, Grecia y Narbona Casani, José Noel.

#### **Propósito del estudio**

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para incrementar su disponibilidad en la empresa DYC", cuyo objetivo es elaborar un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR de 100 HP para incrementar la disponibilidad en la empresa DYC. Esta investigación es desarrollada por estudiantes pregrado de la carrera profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Universidad César Vallejo del campus Trujillo, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución DYC S.R.L. Describir el impacto del problema de la investigación.

#### **Procedimiento**

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente (enumerar los procedimientos del estudio):

1. Se realizará una encuesta o entrevista donde se recogerán datos personales y algunas preguntas sobre la investigación titulada "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR de 100 HP para incrementar la disponibilidad en la empresa DYC".
2. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de 15 minutos y se realizará en el ambiente de Taller de la institución DYC. Las respuestas al cuestionario o guía de entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

#### **Participación voluntaria (principio de autonomía):**

Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

#### **Riesgo (principio de No maleficencia):**

Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

#### **Beneficios (principio de beneficencia):**

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

#### **Confidencialidad (principio de justicia):**

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinda es totalmente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

#### **Problemas o preguntas:**

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con el Investigador (a) CHURACUTIPA MAQUERA, Grecia Nadine, email: grecian\_maquera@hotmail.com y Docente asesor Cuadros Camposano, Edwin Huber.

#### **Consentimiento**

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre ZENEN DARRERA ROSAS apellidos:

Fecha 15 AGOSTO 9 AM. hora:

## Anexo 04 Aprobación de los jueces expertos



### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO** con DNI N° 09599387 **MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS** CIP N° 208704 de profesión **INGENIERO MECÁNICO** desempeñándome como **DOCENTE UNIVERSITARIO** en **LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **Cuestionario para evaluar la calidad del mantenimiento preventivo realizado**
- **Ficha de observación "INFORMACIÓN RCM" y "DECISIÓN RCM"**
- **Ficha de registro de intervenciones de mantenimiento**
- **Ficha de plan de mantenimiento preventivo**
- **Ficha de reporte de fallas**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "**Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR de 100 HP para incrementar la disponibilidad en la empresa DYC**". Elaborado y presentado por los estudiantes:

- **CHURACUTIPA MAQUERA, GRECIA NADINE**
- **NARBONA CASANI, JOSÉ NOEL**

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de **Trujillo** el día ... 17 ... del mes de ... **Agosto** ... del año ... **2023** ...

Mg. : **EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO**  
DNI : **09599387**  
Especialidad : **INGENIERÍA MECÁNICA**  
E-mail : [ecuadrosc@pucp.pe](mailto:ecuadrosc@pucp.pe)



Edwin Huber Cuadros Camposano  
ING. MECÁNICO  
R. CIP. N° 208704

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo **JESUS MIGUEL VELIZ ALFEREZ** con DNI N° 70319571 **INGENIERO COLEGIADO** con registro CIP N° 215577 de profesión **ING. MECÁNICO ELECTRICISTA** desempeñándome como **ANALISTA DE EJECUCIÓN DE OBRAS** en **EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD ELECTROSUR S.A.**

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- **Cuestionario para evaluar la calidad del mantenimiento preventivo realizado**
- **Ficha de observación "INFORMACIÓN RCM" y "DECISIÓN RCM"**
- **Diagrama de Ishikawa**
- **Ficha de registro de intervenciones de mantenimiento**
- **Ficha de plan de mantenimiento preventivo**
- **Ficha de reporte de fallas**
- **Ficha de formato de tiempo medio entre fallas**
- **Ficha de formato de tiempo medio de reparación**
- **Ficha de formato de disponibilidad**

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: **"Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR de 100 HP para incrementar la disponibilidad en la empresa DYC"**. Elaborado y presentado por los estudiantes:

- **CHURACUTIPA MAQUERA, GRECIA NADINE**
- **NARBONA CASANI, JOSÉ NOEL**

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Ilo el día 02 del mes de Setiembre del año 2023.







## Anexo 06 Evidencia de envío Artículo científico

revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/submission/wizard/2?submissionId=58751#step-2

Ingeniería Tareas 0 Español (España) Ver el sitio Josenarborna1995

### Enviar un artículo

- Inicio
- Cargar el envío
- Introducir los metadatos
- Confirmación
- Siguientes pasos

Archivos de envío [Buscar](#) [Subir archivo](#)

263968-1	josenarborna1995, Artículo científico 11febr-Grecia Churacutipa-Jose Narbona.docx	February 11, 2024	Materiales de investigación
----------	---	-------------------	-----------------------------

[Guardar y continuar](#) [Cancelar](#)

Platform & workflow by OJS / PKP

revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/submission/wizard/2?submissionId=58751

Ingeniería Tareas 0 Español (España) Ver el sitio Josenarborna1995

### Subir archivo de envío

- Cargar envío
- Metadatos
- Finalizar

Archivo añadido

[Enviar otro archivo](#)

[Completar](#) [Cancelar](#)

Platform & workflow by OJS / PKP

## Anexo 07 Autorización de la empresa

llo, 31 de enero, 2024

Sr.

Mg. Cuadros Camposano, Edwin Huber

Asesor académico del Programa de Titulación de la Escuela profesional de Ing. Mecánica Eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo – Sede Trujillo.

### **ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR TESIS DE INVESTIGACIÓN**

Yo, Denis Condemayta Coila, identificado con DNI N° 99905139 en mi calidad de representante legal de la empresa Servicios y Proyectos Electromecánicos DYC, autorizo a los estudiantes Grecia Churacupa Maguera y Jose Narbona Casani de la escuela profesional de Ing. Mecánica Eléctrica, de la universidad Cesar Vallejo – Sede Trujillo, a utilizar información confidencial de la empresa para el desarrollo del proyecto de tesis denominado **"Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR para incrementar su disponibilidad en la empresa DYC"**. Como condiciones contractuales, (1) el estudiante se obliga a no divulgar ni usar para fines personales la información (documentos, expedientes, escritos, artículos, contratos, estados de cuenta y demás materiales) que, con objeto de la relación de trabajo, le fue suministrada, (2) no proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observadas en la empresa durante la duración del proyecto y (3) no utilizar completa o parcialmente ninguno de los productos (documentos, metodología, procesos y demás) relacionados con el proyecto. El estudiante asume que toda información y el resultado del proyecto serán de uso exclusivamente académico.

El material suministrado por la empresa será la base para la construcción de un estudio de caso. La información y resultado que se obtenga del mismo podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes de la Escuela profesional de Ingeniería Mecánica – Eléctrica.

Atentamente,

  
Servicios y Proyectos  
Electromecánicos DYC S.R.L.  
DENIS CONDEMAYTA COILA  
GERENTE

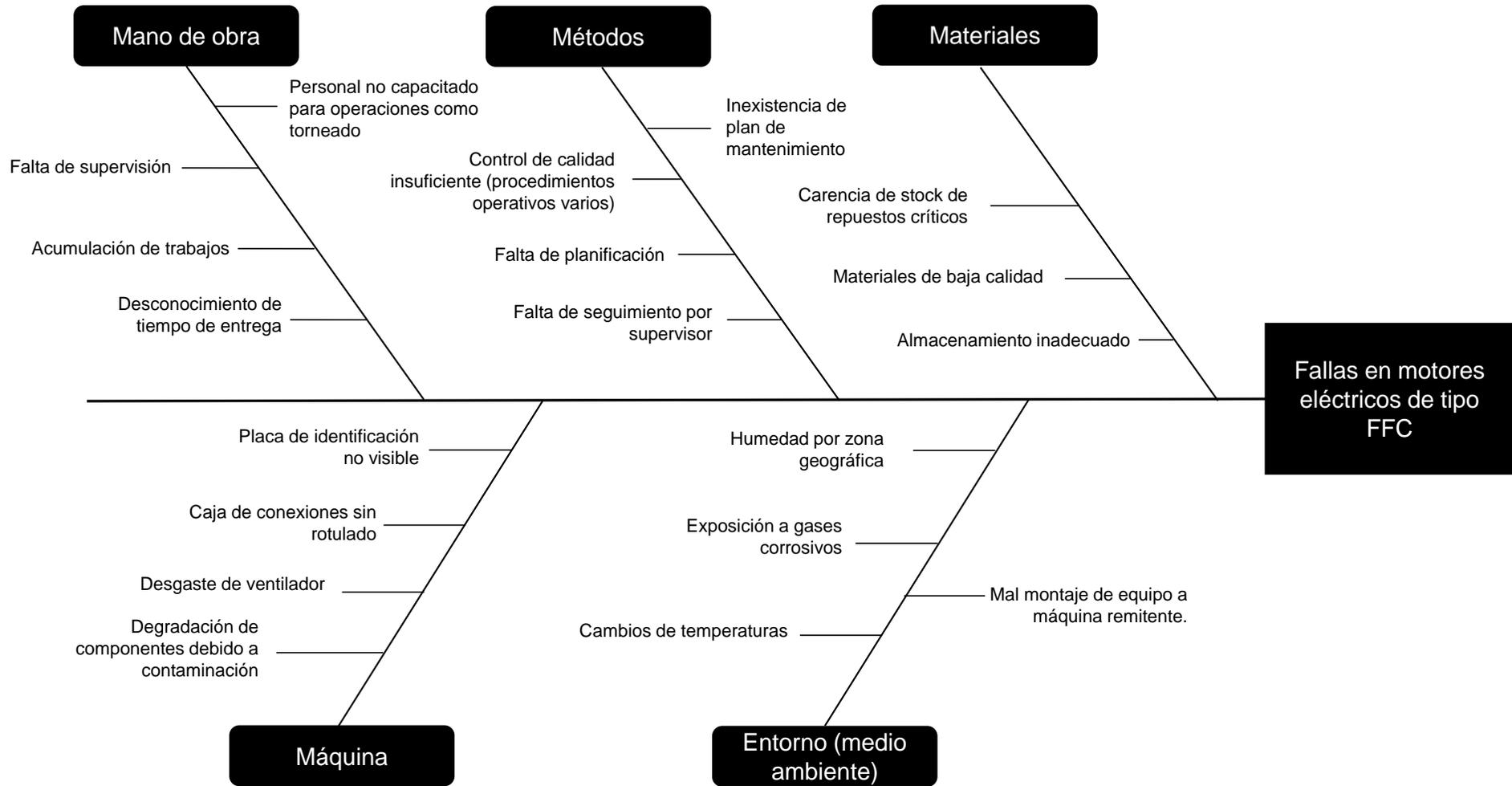
Representante legal:

Resultados del cuestionario para la evaluación de la calidad de mantenimiento preventivo.

<b>Resumen de resultados de encuesta para mantenimiento</b>					
	<b>Encuestado 1</b>	<b>Encuestado 2</b>	<b>Puntaje promedio</b>	<b>Puntaje máx.</b>	<b>Porcentaje</b>
Calificación de personal y rendimiento.	52	45	48.5	84	57.7%
Medios y herramientas.	18	16	17	42	40.5%
Plan de mantenimiento.	7	7	7	21	33.3%
Organización de mantto correctivo.	14	12	13	30	43.3%
Procedimiento de mantenimientos.	8	11	9.5	21	45.2%
Gestión de información	15	21	18	36	50.0%
Gestión de repuestos.	16	16	16	36	44.4%
Resultados de mantenimiento.	20	32	26	45	57.8%
<b>TOTAL</b>			<b>155</b>	<b>315</b>	

Fuente: Cuestionario de encuestas hacia 2 trabajadores de mantenimiento especializado en motores eléctricos. (Anexo 02).

## Desarrollo del diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

El análisis de causa raíz nos va a proporcionar una mejor visión del problema que está suscitándose en la empresa. En este análisis vamos a poder mencionar los principales hallazgos que nos llevaran a describir el contexto del problema.

La herramienta de Ishikawa se utilizó efectivamente para identificar las causas fundamentales de los problemas de alto impacto en el área de la empresa DYC S.A.C. La identificación de las causas subyacentes de las fallas en la maquinaria es de crucial importancia, ya que permite abordar un análisis integral y, a partir de este análisis, desarrollar soluciones para los problemas en cuestión. La tarea de identificar estas causas puede ser desafiante debido a la diversidad y complejidad de factores que pueden llevar a fallos en la maquinaria y los equipos.

Dentro del diagrama realizado, se consideraron las categorías principales que engloban las principales causas de falla del equipo, entre ellos tenemos: Máquina, mano de obra, medio ambiente, materiales y métodos.

- **Máquina**

Los motores de ventilación vienen desarrollando una función principal en el sistema de refrigeración de la turbina para poder realizar la ventilación del lugar y que no se activen el sistema de protección ante temperaturas altas.

Estos motores vienen desarrollando distintas fallas eléctricas y mecánicas, por lo que se busca realizar un análisis para evitar paradas no planificadas del equipo.

Como se puede observar en la figura 5 el motor está en la parte superior de una estructura de soporte de aproximadamente 5 metros de altura, y para poder desmontar para su reparación es un procedimiento donde se utiliza andamios, tecele 0.5 tn, también transporte de traslado hacia el taller.

La paralización de este motor de ventilación podría generar una parada no programada de la turbina principal que genera 220 KV ocasionando pérdidas con horas maquinas, horas hombre y en la producción kWh.

- **Mano de obra**

En el análisis causa raíz realizado se pudo notar que la mano de obra no calificada y la falta de experiencia, lleva a una mala ejecución de la actividad negando la garantía del trabajo realizado y poniendo en peligro la seguridad de la operación;

por lo que la empresa DYC buscara contratar personal calificado con más de 5 años de experiencia realizando las actividades de mantenimiento eléctrico, así también estas actividades vienen siendo realizadas por un técnico mecánico para la realización del montaje y desmontaje estructural así mismo con el armado y desarmado de andamios.

En la empresa DYC se cuenta con técnicos con más de 5 años de experiencia en el sector industrial minero, estas reparaciones son realizadas por 1 técnico electricista, 2 mecánicos para el desmontaje y montaje del motor (también para el armado y desarmado de andamios).

- **Método**

Los métodos realizados en la empresa vienen teniendo un resultado negativo por la falta de planificación, mala comunicación entre supervisor y personal técnico y falta de calidad por ausencia de información técnica.

Nuestra empresa DYC buscara realizar actividades con bajo nivel de criticidad en la planta de generación y las actividades de alta criticidad serán realizadas en el taller DYC previa coordinación con el jefe de área para así poder brindar el soporte con las herramientas y el espacio de trabajo para ejecutar una actividad que nos asegure un buen servicio

El servicio de mantenimiento se realizará en el taller o en la planta de generación según el tipo de mantenimiento que le corresponda al equipo. El plan de mantenimiento se encuentra diseñado donde se detalla las actividades a realizar y el tiempo promedio de demora de cada actividad a realizar.

- **Medio ambiente**

El factor del medio ambiente donde se ubican los motores eléctricos juega un factor en contra pues el porcentaje de humedad es muy alto, provocando corrosión y desgaste prematuro de los componentes; obligándonos a tener mucho cuidado con la pintura y lubricación del equipo.

Por lo que la empresa DYC busca materiales y repuesto de alta calidad que aseguren la durabilidad de ello. Los materiales que generalmente utilizamos son residuos de cobre, trapos con solvente dieléctrico, trapos con pintura y otros; estos materiales residuales son segregados correctamente.

## Diagrama de Pareto

**Tabla 6**

*Cuadro de tabulación en fallas de motor según diagrama de Ishikawa*

ITEM	Detalle de causa	Abrev.	Frecuencia de causa	Causas (%)	Porcentaje (%)
1	Inexistencia de plan de mantenimiento.	IPM	11	17%	17%
2	Control de calidad insuficiente (procedimientos operativos varios).	CCI	8	12%	29%
3	Mal montaje de equipo a máquina remitente.	MMEM	6	9%	38%
4	Personal no capacitado para operaciones.	PNC	4	6%	44%
5	Falta de supervisión.	FS	4	6%	50%
6	Falta de seguimiento por supervisor.	FSS	4	6%	56%
7	Humedad por zona geográfica.	HZG	4	6%	62%
8	Cambios de temperaturas.	CT	4	6%	68%
9	Falta de planificación.	FP	3	5%	73%
10	Placa de identificación no visible.	PINV	3	5%	77%
11	Degradación de componentes debido a contaminación.	DCC	3	5%	82%
12	Acumulación de trabajos.	AT	2	3%	85%
13	Desconocimiento de tiempo de entrega.	DTE	2	3%	88%
14	Carencia de stock de repuestos críticos.	CSRC	2	3%	91%
15	Desgaste de ventilador.	DV	2	3%	94%
16	Materiales de baja calidad.	MBC	1	2%	95%
17	Almacenamiento inadecuado.	AI	1	2%	97%
18	Caja de conexiones sin rotulado.	CCSR	1	2%	98%
19	Exposición a gases corrosivos.	EGC	1	2%	100%
<b>TOTAL</b>			<b>66</b>	<b>100%</b>	

Se presenta las fallas encontradas por cada categoría en el Diagrama de Ishikawa, de las cuales se realizó un análisis de incidencia o frecuencia durante un año (julio 2022 a junio 2023). Encontrando así que la causa de falla más común es la “inexistencia de plan de mantenimiento”, seguida por un “control de calidad insuficiente”.

Ficha de información RCM

**Tabla 7**

Ficha de información RCM

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	HOJA
	<i>Motor 88FC5-TG1</i>	1	Grecia Churacutipa		1
	SUB SISTEMA/COMPONENTE	SUB SISTEMA N°	José Narbona	2/08/2023	DE
	<i>Ventilador</i>	5			1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE LAS FALLAS		
	A. Consumo elevado de corriente, interruptor sobrecalentado.	1. Pérdida de potencia del motor.	Incremento de temperatura en zonas de ventilación, se acciona el termostato enviando señales de alarma por temperatura alta.		
		2. Recalentamiento de motor.	Posible corte circuito, pudiendo provocar incendios con daños materiales y a la salud.		
		3. Motor no acciona.	Paraliza el ciclo de proceso, la turbina se tiene que detener por falta de ventilación.		
		1. Fricción adicional.	Ruido anormal, zumbidos o golpeteos.		
	A. Desgaste de rodamientos	2. Aumento de temperatura de motor.	Acelera el desgaste y la vida útil del equipo.		
		3. Vibración excesiva.	Reduce eficiencia del motor.		
		4. Fallo prematuro de motor.	Daños colaterales del componente desgastado.		
		1. Pérdida de aislamiento térmico.	Paradas no planificadas.		
		2. Sobrecalentamiento	Efecto de cortocircuito dentro de bobinas y núcleo de hierro, provoca quemaduras.		
	A. Pérdida de barniz	3. Reducción de eficiencia.	Aumento de temperatura por disminución de la resistencia del flujo de corriente. Acorta vida útil.		
1. Parte de ventilación principal del sistema de generación TG1.		4. Falta de protección sobre bobinas.	Reducción de resistencia eléctrica y así, la eficiencia del motor.		
		5. Mayor mantenimiento.	Produce un daño mecánico por la falta de capa de protección aislante, contra la humedad y partículas de polvo.		
	A. Problemas en el giro de motor, rozamiento con carcasa.	1. Desalineamiento	Parada no programadas, aumento de costo de producción y correctivos.		
		2. Pérdida de velocidad.	Consumo elevado de corriente.		
		3. Ruptura de polea de motor.	Mala revoluciones de motor, no llega a realizar la ventilación.		
		1. Ingreso de suciedad.	Posible accidente con daños a la salud y materiales. Paraliza el ciclo productivo.		
		2. Daño en estructura de motor.	Compromete el aislamiento térmico del motor, por el ingreso de polvo particulado y/o suciedad.		
	A. Corrosión	3. Daño en componentes colaterales.	La corrosión impregnada en ventiladores, tapas y/o carcasa de motor genera calor por la resistencia eléctrica, aumenta temperatura.		
		4. Alarga tiempo de mantenimiento.	Daño sobre conduitería, conexiones, tapas, y sistema que trabaja con motor.		
			El mantenimiento de zonas corroídas requiere examinación previa y en ocasiones cambio total de estructuras o componentes tanto del sistema de guarda como de carcasa de motor y tapas.		

Criterios de Ficha de información RCM

Figura 4

Diagrama de decisión.

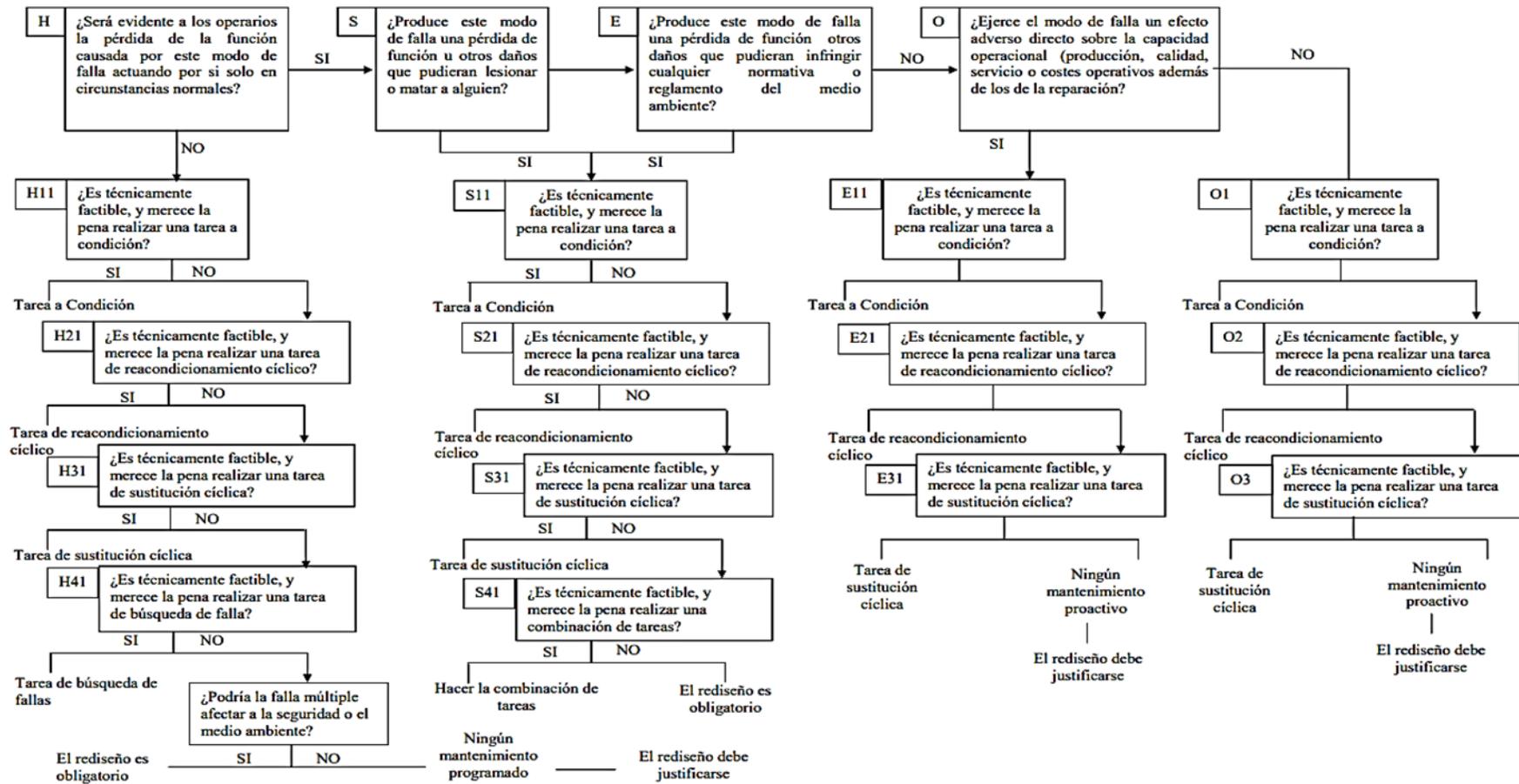


Diagrama 2. Diagrama de Decisión RCM  
Fuente: Jhon Moubroy, 2004

Hoja de decisión de RCM

HOJA DE INFORMACIÓN RCM			SISTEMA/ACTIVO				FACILITADOR			FECHA	HOJA	
			Motor 88FC5-TG1				Grecia Churacutipa			2/08/2023	1	
			SUB SISTEMA/COMPONENTE				José Narbona				DE	
			Ventilador								1	
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				TAREAS PROPUESTAS			FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3			
A	1	1	S	N	N	S				Inspección. Inspección de temperatura en los bornes.	Semanal	Operador
A	1	2	S	N	S					Inspección y limpieza.	Semanal	Operador
A	1	3	S	N	N	S				Inspección y ajuste.	Semanal	Operador
A	1	1	N							Inspección, limpieza, ajuste y Megado conductores eléctricos.	Cada 6 meses.	Operador
A	1	3	S	S						Balanceo de motor, inspección del eje.	Por ocasión.	Electricista
A	1	4	N							Inspección de caja de conexiones y prueba de funcionalidad.	Por ocasión.	Electricista
A	1	1	N							Barnizado y tratamiento térmico.	Por ocasión.	Electricista
A	1	2	N							Inspección.	Cada 6 meses.	Mecánico/Electricista
A	1	3	S	N						Mantenimiento preventivo.	Anual.	Mecánico/Electricista
A	1	4	N							Barnizado y tratamiento térmico.	Por ocasión.	Electricista
A	1	5	S	N	N	S				Mantenimiento preventivo. Megado de	Cada 6 meses.	Mecánico/Electricista

A	1	1	S	S		conductores eléctricos.		
						Desmontaje y alineamiento.	Por ocasión.	Mecánico.
A	1	2	S	S	N	Pruebas en vacío.	Por ocasión.	Electricista
A	1	3	S	S	N	Cambio de piñones.	Por ocasión.	Mecánico.
						Limpieza mensual y lavado de las zonas	Cada 4 meses.	Mecánico.
A	1	2	S	S		Megado de bobina estator y rotor.	Cada 6 meses.	Electricista
						Limpieza mecánica		
A	1	3	S	S		SSPC.SP3 y recubrimiento con pintura epóxica.	Mensual.	Mecánico.
						Megado de conductores eléctricos.	Cada 6 meses.	Electricista

---



Análisis costo-beneficio

### **Inversión de la mejora**

Se presenta la inversión:

Equipos y materiales para la implementación de plan de mantenimiento

**Tabla 8**

*Inversión en la elaboración del plan de mantenimiento*

Item	Cantidad (und)	Precio (S/.)	Total (S/.)
Papel bond (1 millar)	1	18.8	18.8
Lapiceros (12 und)	12	2.4	28.8
Folder manila (10 und)	10	1.8	18
Proyector	1	650	650
<b>TOTAL</b>			<b>715.6</b>

Fuente: Elaboración propia

En capacitaciones se presenta la siguiente inversión:

**Tabla 9**

*Inversión en capacitación al personal*

Item	Cant (und)	Precio (S/.)	Total mensual (S/.)
Capacitaciones	6	120	720

Fuente: Elaboración propia

El costo que este nuevo plan de mantenimiento ahorraría a la empresa cliente. Teniendo en cuenta que el valor de un proceso de mantenimiento correctivo asciende a los S/3380.00, se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 10***Costo de servicio de mantenimiento correctivo en rebobinado de motor*

<b>Costo de un servicio de mantenimiento correctivo</b>						
<b>Ítem</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cant.</b>		<b>Precio Unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
<b>1</b>	<b>Desmontaje y montaje de equipo inoperativo</b>	<b>SERV.</b>	<b>1</b>			<b>S/ 90.00</b>
1.1	Andamios multidireccionales.	DÍAS	2	S/	45.00	S/ 90.00
<b>2</b>	<b>Mantenimiento correctivo / Rebobinado</b>	<b>SERV.</b>	<b>1</b>			<b>S/ 1,630.00</b>
2.1	Rebobinado de estator.	GLB.	1			S/ 770.00
2.1.1	Alambre de cobre.	GLB.	1	S/	450.00	S/ 450.00
2.1.2	Papel Nomex.	GLB.	1	S/	50.00	S/ 50.00
2.1.3	Barniz dieléctrico.	LATA	1	S/	20.00	S/ 20.00
2.1.4	Tratamiento térmico.	SERV.	1	S/	250.00	S/ 250.00
2.2	Cambio de rodamientos	GLB.	2	S/	180.00	S/ 360.00
2.3	Maquinado de alojamiento para rodamientos.	SERV.	1	S/	150.00	S/ 150.00
2.4	Pintado de motor.	GLB.	1	S/	350.00	S/ 350.00
<b>3</b>	<b>Protocolo de pruebas eléctricas.</b>	<b>SERV.</b>	<b>1</b>			<b>S/ 500.00</b>
3.1	Medición Resistencia aislamiento.					
3.2	Pruebas de Índice de polarización.					
3.3	Pruebas de Índice de Absorción.					
3.4	Balanceo dinámico y estático.					
<b>4</b>	<b>Reparaciones menores.</b>	<b>SERV.</b>	<b>1</b>			<b>S/ 620.00</b>
4.1	Cambio de tuberías flexibles.	MTS	2	S/	30.00	S/ 60.00
4.2	Cambio de terminales de conexión.	UND	6	S/	10.00	S/ 60.00
4.3	Protocolo de pruebas eléctricas acometida.	SERV.	1	S/	150.00	S/ 150.00
4.4	Consumibles	SERV.	1	S/	350.00	S/ 350.00
<b>5</b>	<b>Personal ejecutor y supervisión inopinado.</b>	<b>SERV.</b>	<b>1</b>			<b>S/ 540.00</b>
5.1	Supervisión.		1	S/	300.00	S/ 300.00
5.2	Personal electricista.		2	S/	120.00	S/ 240.00
<b>TOTAL</b>						<b>S/ 3,380.00</b>

Fuente: Elaboración propia

El costo del mantenimiento correctivo corresponde al uso de consumibles, personal capacitado inopinado, materiales y repuestos inadvertidos.

### **Beneficio de la mejora**

Debido al servicio de emergencia como lo es poner en funcionamiento un equipo que requiere trabajar en momentos inesperados (por recurrencia del COES), su valor por correctivo es alto debido a la recurrencia de personal operativo no

programado, electricistas capacitados y supervisión preparada para trabajar dentro de las instalaciones del cliente, así como el transporte, materiales y recursos.

Asimismo, se pone en contraste el servicio de un plan de mantenimiento anual del equipo en donde indicó que por actividad el coste proporcionado por la empresa DYC.

**Tabla 11**

*Costo recurrente en un plan de mantenimiento preventivo anual*

Ítem	Descripción de la actividad	Frecuencia	Cant.	Total	(S/.)
1	Mantenimiento de motor c/desmontaje anual.	Anual	1	S/	800.00
2	Pruebas de aislamiento in situ.	Semestral	2	S/	200.00
3	Revisión e inspección de conduitería en buen estado.	Mensual	12	S/	-
4	Limpieza y preparación superficial SSPC-SP3 de guardas.	Mensual	12	S/	350.00
5	Revisión de nivel de vibración.	Trimestral	4	S/	200.00
6	Limpieza y ajuste en los puntos de conexión. (Sistema)	Mensual	12	S/	390.00
7	Barnizado de bobinas.	Semestral	2	S/	200.00
8	Inspecciones secundarias.	Semanal	52	S/	-
<b>TOTAL</b>				<b>S/</b>	<b>2,140.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Donde podemos observar un total de S/ 2140.00 lo cual indica un ahorro de aproximadamente S/1240.00 por equipo, el cual es la diferencia entre la tabla 11 y la tabla 12. Debido a que este plan de mantenimiento puede ser aplicado en los 6 motores existentes del área consignada, actividades como Pruebas de aislamiento in situ y limpieza y ajuste en puntos de conexión, puede realizarse en el mismo día, sin necesidad de evaluar el coste de estas en los otros motores dentro de la población, lo cual presenta a gran escala un ahorro mayor.

Se muestra el beneficio mensual obtenido en los distintos servicios:

**Tabla 12***Beneficio mensual con el plan de mantenimiento*

Mes	Sin la mejora	Con la mejora	Beneficio
Enero	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Febrero	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Marzo	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Abril	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Mayo	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Junio	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Julio	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Agosto	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Setiembre	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Octubre	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Noviembre	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00
Diciembre	S/ 3,380.00	S/ 2,140.00	S/ 1,240.00

Fuente: Elaboración propia

Se observa que mensualmente se presenta un beneficio de S/ 1,240.00.

## Flujo de caja

**Tabla 13**

### Flujo de caja

Flujo de caja	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>INVERSIÓN</b>	<b>1,435.60</b>	<b>3,380</b>	<b>3,380</b>	<b>3,380</b>	<b>3,380</b>								
Desmontaje y montaje de equipo inoperativo	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Mantenimiento correctivo / Rebobinado	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630
Protocolo de pruebas eléctricas.	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Reparaciones menores.	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620
Personal ejecutor y supervisión inopinado.	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
Equipos y materiales para la implementación de plan de mantenimiento	716												
Capacitaciones	720												
<b>BENEFICIO</b>	<b>S/ 2,140.00</b>	<b>S/ 2,140.00</b>	<b>S/ 2,140.00</b>	<b>S/ 2,140.00</b>									
Pedidos atendidos con la mejora	S/ 2,140.00	S/ 2,140.00	S/ 2,140.00	S/ 2,140.00									
<b>TOTAL NETO</b>	<b>- 1,436</b>	<b>S/ 1,240.00</b>	<b>S/ 1,240.00</b>	<b>S/ 1,240.00</b>	<b>S/ 1,240.00</b>								
<b>ACUMULADO</b>	<b>1,436</b>	<b>S/ 1,240.00</b>	<b>S/ 2,480.00</b>	<b>S/ 3,720.00</b>	<b>S/ 4,960.00</b>	<b>S/ 6,200.00</b>	<b>S/ 7,440.00</b>	<b>S/ 8,680.00</b>	<b>S/ 9,920.00</b>	<b>S/ 11,160.00</b>	<b>S/ 12,400.00</b>	<b>S/ 13,640.00</b>	<b>S/ 14,880.00</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14***Indicadores económicos*

Indicador económico	Monto
Cálculo del VAN	S/7,490.05
Cálculo de la TIR	86.33%
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	6.22
Mes de recuperación	2.16

Fuente: Elaboración propia

## Matriz de Consistencia

<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>
¿Cómo la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR incrementa su disponibilidad en la empresa DYC?	Realizar el dimensionamiento de un sistema híbrido de energía eólica-solar para el suministro eléctrico de viviendas rurales en Lomas de Ilo.	La elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de motores BALDOR incrementa su disponibilidad en la empresa DYC.
<b>Problema específico</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>Hipótesis específicas</b>
¿Cuál es el nivel de disponibilidad de motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC?	Identificar el nivel de disponibilidad de motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC	El análisis permite identificar el de disponibilidad de motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC
¿Cuál es el análisis causa raíz de fallas constantes (RCA) de los motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC?	Realizar el análisis causa raíz de fallas constantes (RCA) de los motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC	Mediante el análisis causa raíz de fallas constantes (RCA) se logra identificar las causas críticas de los motores BALDOR de 75 HP en la empresa DYC
¿Cómo elaborar un plan de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa DYC?	Elaborar los planes de mantenimiento preventivo utilizando la herramienta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa DYC	Los planes de mantenimiento preventivo se realizaron utilizando la herramienta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en la empresa DYC
¿Cuál es la disponibilidad de los motores BALDOR posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa DYC?	Determinar la disponibilidad de los motores BALDOR posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa DYC.	La disponibilidad de los motores BALDOR aumentó posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa DYC.

Evidencia fotográfica del mantenimiento

