

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA
DISPONIBILIDAD OPERATIVA EN VEHÍCULOS
LIGEROS DE LA EMPRESA WIGO MOTORS, 2022”**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Leoncio Benjamín Tafur Joaquín

Asesor:

Ing. César Enrique Delzo Esteban

Código ORCID 0000-0003-4053-5993

Lima - Perú

2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, tías y esposa por enseñarme a ser perseverante en la lucha de mis sueños, también a la UPN ya que con la ayuda de mis maestros y compañeros hoy puedo plasmar parte de las enseñanzas adquiridas que me sirven para afrontar diversas situaciones en diferentes campos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su infinito amor, a mis padres y tías por ser un ejemplo de vida ya que, con sus consejos, ejemplos, esfuerzo y perseverancia, me dieron la oportunidad de estudiar una carrera para convertirme en profesional, también a mi esposa por ser mi compañera de vida y apoyo incondicional.

A las personas que pude conocer hasta ahora, amigos, jefes, profesores, sus consejos y lecciones de vida, algunos duros, pero fueron estos últimos los que me enseñaron a corregir errores y poder ver las cosas desde una perspectiva diferente para seguir avanzando.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN EJECUTIVO.....	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Misión, visión y organización	14
1.2 Funciones del área o del departamento	15
1.3 Realidad problemática	16
1.4 Formulación del problema	30
1.5 Justificación	31
1.6 Objetivos de investigación.....	32
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	33
2.1. Antecedentes.....	33
2.2. Bases teóricas	40
2.3. Definición de términos básicos.....	59
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	62

CAPÍTULO IV. RESULTADOS	123
4.1 Variable dependiente: Disponibilidad operativa	123
4.2. Prueba de hipótesis	126
4.3. Tiempo medio entre fallas (MTBF)	126
4.4. Tiempo medio para reparaciones (MTTR)	130
4.5. Disponibilidad	133
4.6. Discusión de resultados	136
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
5.1. Conclusiones	140
5.2. Recomendaciones	141
REFERENCIAS	142
ANEXOS	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de la empresa	13
Tabla 2 Impacto de causas sobre el problema central.....	22
Tabla 3 Matriz 5W.....	28
Tabla 4 Fases del análisis modal de fallas y efectos.....	48
Tabla 5 Clasificación del número de prioridad de riesgo.....	52
Tabla 6 Escala de preferencias para la selección de alternativas.....	65
Tabla 7 Comparación de criterios para la selección de alternativas	66
Tabla 8 Elección de alternativa adecuada	66
Tabla 9 Evolución del RCM previo	68
Tabla 10 evolución previo	70
Tabla 11 Diagrama de Gantt.....	76
Tabla 12 Formato de control de auditoria	79
Tabla 13 Evidencia del cambio de escenarios en la gestión del área.....	80
Tabla 14 Programa de capacitaciones.....	81
Tabla 15 Programa de capacitaciones.....	83
Tabla 16 Análisis de frecuencia de fallos.....	85
Tabla 17 Análisis del nivel de prioridad de riesgo de fallos	87
Tabla 18 Ficha AMEF	90
Tabla 19 Hoja de decisión RCM	95
Tabla 20 Formato de ficha para mantenimiento.....	98
Tabla 21 Formato de identificación de fallas.....	99
Tabla 22 Modelo de programa anual de mantenimiento preventivo	103

Tabla 23	<i>Cronograma de auditorías</i>	110
Tabla 24	<i>Evolución del RCM total</i>	113
Tabla 25	<i>Evolución de la disponibilidad</i>	115
Tabla 26	<i>Costos de implementación</i>	119
Tabla 27	<i>Flujo de caja</i>	120
Tabla 28	<i>Indicadores financieros</i>	121
Tabla 29	<i>Análisis de la normalidad del MTBF</i>	127
Tabla 30	<i>Estadísticos de muestras emparejadas para el MTBF</i>	128
Tabla 31	<i>Estadísticos de la prueba T de Student para el MTBF</i>	129
Tabla 32	<i>Análisis de la normalidad del MTTR</i>	130
Tabla 33	<i>Estadísticos de muestras emparejadas para el MTTR</i>	131
Tabla 34	<i>Estadísticos de la prueba T de Student para el MTTR</i>	132
Tabla 35	<i>Análisis de la normalidad de la disponibilidad</i>	133
Tabla 36	<i>Estadísticos de muestras emparejadas para la disponibilidad</i>	134
Tabla 37	<i>Estadísticos de la prueba T de Student para la disponibilidad</i>	135
Tabla 38	<i>Comparación de escenarios de la metodología RCM</i>	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la empresa</i> _____	14
Figura 2 <i>Organigrama de la empresa</i> _____	15
Figura 3 <i>Diagrama de Ishikawa</i> _____	20
Figura 4 <i>Diagrama de Pareto</i> _____	23
Figura 5 <i>Árbol de problemas</i> _____	24
Figura 6 <i>Árbol de objetivos</i> _____	26
Figura 7 <i>Procesos para el mantenimiento centrado en la confiabilidad</i> _____	41
Figura 8 <i>Implementación de la metodología RCM</i> _____	44
Figura 9 <i>Gestión del mantenimiento</i> _____	50
Figura 10 <i>Reparto de los tiempos en sistemas</i> _____	56
Figura 11 <i>Evolución del RCM en el escenario previo</i> _____	69
Figura 12 <i>Evolución del tiempo medio entre fallas previo (expresado en horas)</i> _____	71
Figura 13 <i>Evolución del tiempo medio para reparaciones previo (expresado en horas)</i> _____	72
Figura 14 <i>Evolución de la disponibilidad previa</i> _____	73
Figura 15 <i>Formulario de limpieza y orden en el área</i> _____	77
Figura 16 <i>Elementos encontrados en limpieza general</i> _____	78
Figura 17 <i>Evidencia de capacitaciones</i> _____	84
Figura 18 <i>Diagrama de Pareto de frecuencia de fallos</i> _____	86
Figura 19 <i>Diagrama del nivel de prioridad de riesgo de fallos</i> _____	88
Figura 20 <i>Evidencia del análisis modal de fallas y efectos</i> _____	93
Figura 21 <i>Formato de solicitud de mantenimiento</i> _____	96
Figura 22 <i>Modelo de orden de recepción de vehículo</i> _____	97

Figura 23	<i>Hoja informativa del cliente de mantenimiento periódico</i>	100
Figura 24	<i>Evidencia de la aplicación de la metodología RCM</i>	104
Figura 25	<i>Cartillas de control de mantenimiento</i>	106
Figura 26	<i>Formato interno de control de trabajos de mantenimiento correctivo</i>	107
Figura 27	<i>Formato de inspección</i>	108
Figura 28	<i>Evidencia de las supervisiones</i>	111
Figura 29	<i>Evolución del RCM en el escenario total</i>	114
Figura 30	<i>Evolución del tiempo medio entre fallas total (expresado en horas)</i>	116
Figura 31	<i>Evolución del tiempo medio para reparaciones total (expresado en horas)</i>	117
Figura 32	<i>Comparación de escenarios del tiempo medio entre fallas</i>	123
Figura 33	<i>Comparación de escenarios del tiempo medio para reparaciones</i>	124
Figura 34	<i>Comparación de escenarios de la disponibilidad</i>	125

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de la confiabilidad del proceso (CP)	51
Ecuación 2 Cálculo de las tareas de mantenimiento (TM)	52
Ecuación 3 Cálculo del número de prioridad de riesgo (NPR)	52
Ecuación 4 Cálculo de la disponibilidad	55
Ecuación 5 Cálculo de tiempo medio entre fallas (MTBF)	58
Ecuación 6 Cálculo de tiempo medio para reparaciones (MTTR)	58

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación se realizó con el objetivo de determinar en qué medida se incrementa la disponibilidad operativa en vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa de autos Wigo Motors, 2022; para ello fue necesario conocer los indicadores del tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparaciones (MTTR). La investigación cuenta con una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y de diseño experimental; la muestra se tomó en 25 vehículos.

La problemática indicó que los problemas más graves se relacionan al motor y transmisión, neumáticos, fugas en líneas de combustible, pastillas y zapatas de los vehículos. El planteamiento de cambios se basó en la gestión del área de trabajo, las capacitaciones, el análisis AMEF, la implementación del RCM y los controles complementarios en el sistema. Se concluye que el mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementa la disponibilidad, dado que la media del escenario previo (90.9%) fue inferior al posterior (97.1%); adicionalmente, se determinó una significancia del cambio de $0.001 < 0.05$. Por último, se obtuvo una viabilidad económica expresada en VAN de S/ 25,103 soles, TIR de 36.35% y beneficio – costo de 2.35.

Palabras clave: Disponibilidad; mantenimiento, RCM, MTTR, MTBF, AMEF.

ABSTRACT

The research was carried out with the objective of determining to what extent the operational availability in light vehicles is increased when performing maintenance focused on reliability in the car company Wigo Motors, 2022; For this, it was necessary to know the indicators of the mean time between failures (MTBF) and mean time to repair (MTTR). The research has an applied methodology, quantitative approach, descriptive level and experimental design; the sample was taken in 25 vehicles.

The problem indicated that the most serious problems are related to the engine and transmission, tires, leaks in fuel lines or pipes, pills and shoes of the vehicles. The approach to changes was based on the management of the work area, the training, the AMEF analysis, the implementation of the RCM and the complementary controls in the system. It is concluded that reliability-focused maintenance increases availability, since the mean of the previous scenario (90.9%) was lower than the later one (97.1%); additionally, a significance change of $0.001 < 0.05$ was determined. Finally, an economic viability expressed in NPV of S/ 25,103 soles, IRR of 36.35% and benefit - cost of 2.35, was obtained.

Keywords: Availability; maintenance, RCM, MTTR, MTBF, AMEF.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Wigo Motors inicia sus operaciones en Perú en octubre del 2018 y en primer lugar, es preciso mostrar la información de la empresa, a fin de conocer los antecedentes y la situación previa a la descripción de la experiencia; los datos más relevantes se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1

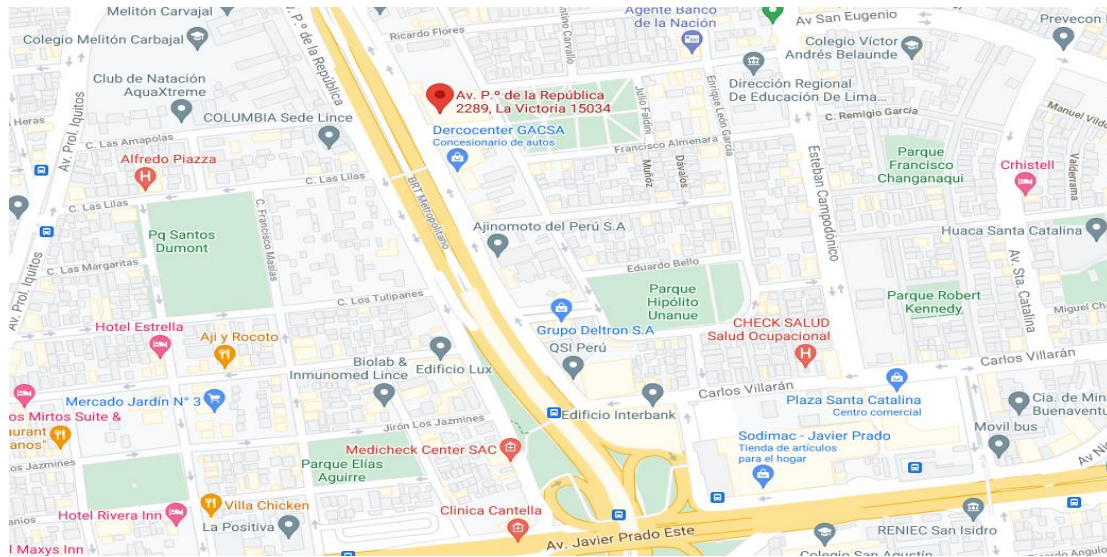
Datos de la empresa

Ítem	Información
Social Razón	GACSA PERU S.A.C.
RUC	20602629067
Comercial Nombre	Wigo Motors
Económicas Actividades	Principal CIU 4510 – Venta de vehículos automotores Secundaria 1 CIU 4520 – Mantenimiento y reparación de vehículos Secundaria 2 CIU 4530 – Venta de partes, piezas y accesorios para vehículos
Ubicación	Av. Paseo de la Republica 2289 Urb. Santa Catalina, La Victoria, Lima
Contacto	https://www.wigomotors.com/

Fuente: Elaboración propia

Figura 1

Ubicación de la empresa



Fuente: Elaboración propia

1.1 Misión, visión y organización

Misión:

Satisfacer las necesidades del cliente, proporcionando el mejor vehículo de la mejor calidad de acuerdo a su presupuesto, con la garantía del caso; además se ofrece un trato amable para fidelizar el consumo en el mediano plazo.

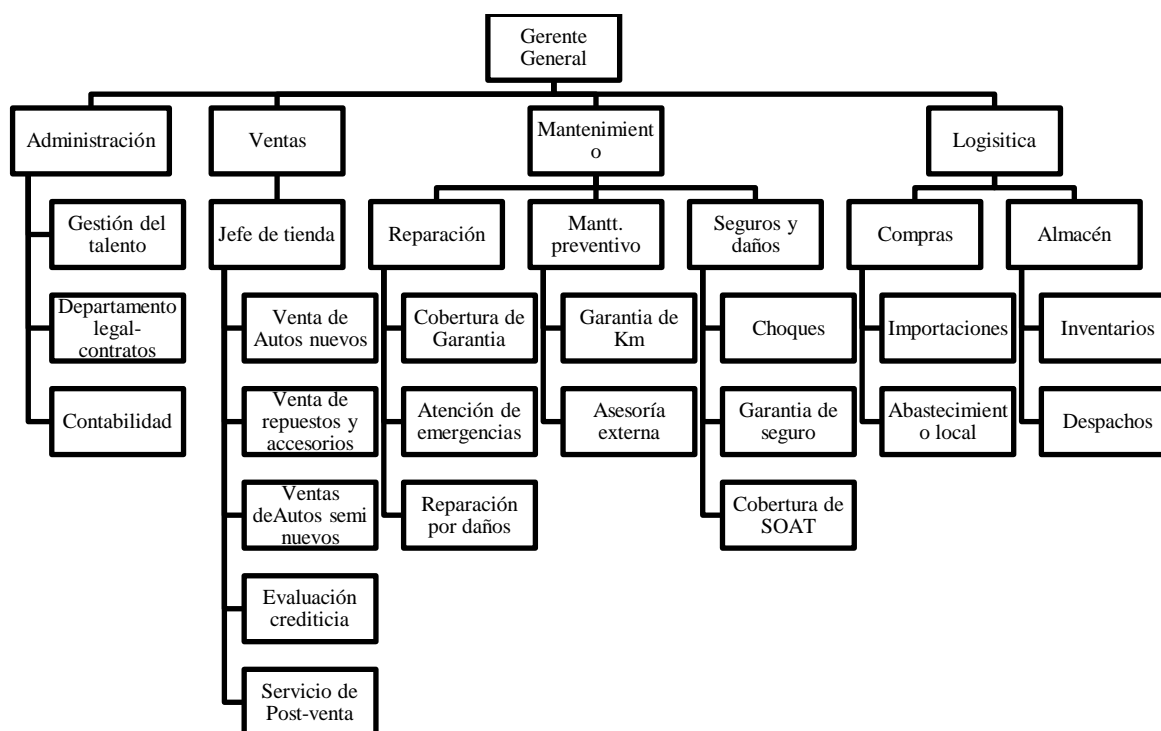
Visión:

Ser reconocidos como el mejor operador de retail en el mercado peruano, y un referente a nivel regional, para ello se cuenta con el mejor equipo técnico-comercial y una cartera de

productos de primer nivel, con la finalidad de satisfacer todas las necesidades de nuestros clientes.

Figura 2

Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

1.2 Funciones del área o del departamento

El área en estudio se encarga de dar mantenimiento a todos los vehículos a fin de mejorar sus condiciones físicas internas y externas; en este sentido, se emplean herramientas e instrumentos para el cálculo de la disponibilidad y conocer el nivel de desempeño. En los trabajos de mantenimiento también se emplean repuestos para el cambio de piezas de ser necesario; es importante mencionar que se debe lograr el mejor funcionamiento de equipos para continuar con las actividades operativas para los cuales son requeridos.

1.3 Realidad problemática

1.3.1 Problemática internacional

En los siguientes párrafos se exponen algunos estudios internacionales que analizan el estado de las variables de RCM y disponibilidad operativa, así como el uso de sus herramientas; tal es el caso de Flores et al. (2020), el cual comenta sobre la relación entre la aplicación de modelos basados en la criticidad y la disponibilidad de los equipos de planta. En dicho estudio se utilizan las herramientas de flujograma, matriz de criticidad y otros elementos propios de los modelos de mantenimiento con el objetivo de incrementar la disponibilidad; en consecuencia, mediante la elaboración de algoritmos y el uso de las herramientas mencionadas se logró incrementar la disponibilidad de los equipos a un 95.51%

De manera similar, Martínez y Planaguma (2021) menciona estudia la aplicación del RCM como parte de un conjunto de herramientas orientadas a optimizar el mantenimiento de los equipos; para ello, se realiza el análisis de modos de fallos y efectos, el análisis del ciclo de vida del equipo, el análisis de criticidad y el RCM, con lo cual se determinan las acciones propuestas para el re – mantenimiento y se comparan con las propuestas de mantenimiento propias del análisis RCM. Este procedimiento es de utilidad ya que permite obtener un conocimiento profundo sobre el estado de cada una de las partes del equipo y plantear las acciones que permitan optimizar el proceso industrial.

A su vez, el estudio de Estupiñan y Cordero (2019) relaciona el uso de la metodología RCM y el nivel de mantenimiento en una planta dedicada a tostar cobre; para ello, se registró y

analizó cada paro ocurrido entre julio del 2015 y julio del 2016; a su vez, se determinan los equipos con mayor índice de criticidad, se analiza la confiabilidad y se identifican los modos de falla. Luego, la aplicación de la metodología permite mejorar el nivel de mantenimiento en la planta, logrando incrementar la disponibilidad de 83.25% a 87.28%; asimismo, se estima que la aplicación del RCM permita una reducción de costos por MU\$30000, principalmente asociados a las pérdidas por detención de producción, entre otros.

Por último, Arteaga y Gorozabel (2021) analiza los efectos de la implementación del RCM en la maquinaria de la Plaza Cerrón; para ello, se realiza el análisis de criticidad de los equipos y el análisis de modo y efecto del fallo; seguidamente, se determinan las actividades de mantenimiento a desarrollar como parte del plan RCM y se evalúan los indicadores de mantenimiento obtenidos. Los resultados del análisis determinaron que existen 6 equipos en condición crítica, a los cuales se les aplican las nuevas actividades de mantenimiento y se logra una mejora en la disponibilidad de los equipos, pasando de 91.6% a 97%; asimismo, el MTBF pasó de 92.3 horas a 475.2 horas; mientras que, el MTTR pasó de 11.38 horas a 8.39 horas.

1.3.2 Problemática Nacional

De la misma manera, se analizan algunos estudios realizados en el ámbito nacional, en ese sentido, Uribe (2020) aplica el RCM con el propósito de mejorar la disponibilidad de una maquina remalladora en una empresa textil; para lo cual se identifican los principales problemas que se producen a causa de los fallos de la maquina remalladora y se utiliza el diagrama de Ishikawa para determinar sus causa primarias y secundarias; posteriormente, se realiza un análisis de criticidad, el análisis de modos y efectos de falla, y, finalmente, el análisis de riesgos.

Así, mediante la ejecución de las nuevas actividades de RCM, la disponibilidad de la maquina remalladora pasó de 74.4% a 92%, lo que sugiere que la aplicación de RCM es efectiva.

A su vez, Pareja et al. (2017) Estudia la influencia de la gestión de mantenimiento en la disponibilidad de los tractores de una empresa pecuaria; para ello, se determinó una muestra de 15 tractores John Deere, siendo estos a los que se les aplica la gestión de mantenimiento preventivo; seguidamente, se realizó el análisis de Pareto para determinar las principales causas del problema y se realiza el análisis de modos y efectos de fallas. Para un análisis más exhaustivo, se identifican 20 subsistemas propios de la operación de los tractores y se determina su nivel de criticidad y las acciones de mantenimiento a realizar; luego, los resultados mostraron que se logró reducir los tiempos por paro en un 12.5% y la disponibilidad de los subsistemas osciló en el rango de 83.11% y 99.45%.

Análogamente, Ypanaque et al. (2017) Analizan los efectos del mantenimiento preventivo en la confiabilidad y disponibilidad de una grúa con capacidad de 50 toneladas; para ello, se recolectó la información mediante reporte de fallas y la aplicación de la matriz de criticidad; seguidamente, se identificaron los procesos con mayor índice de criticidad y se elaboraron las actividades de mantenimiento y el cronograma de aplicación respectivo. Al finalizar el periodo, se determinó que la disponibilidad ascendió hasta alcanzar un valor de 98.96%; a su vez, la confiabilidad se incrementó, pasando de 68.94% a 71.19%.

También, Canahua (2021) estudia la influencia de un modelo de mantenimiento preventivo en la eficiencia de los equipos en una empresa metalmecánica; para ello, se determina

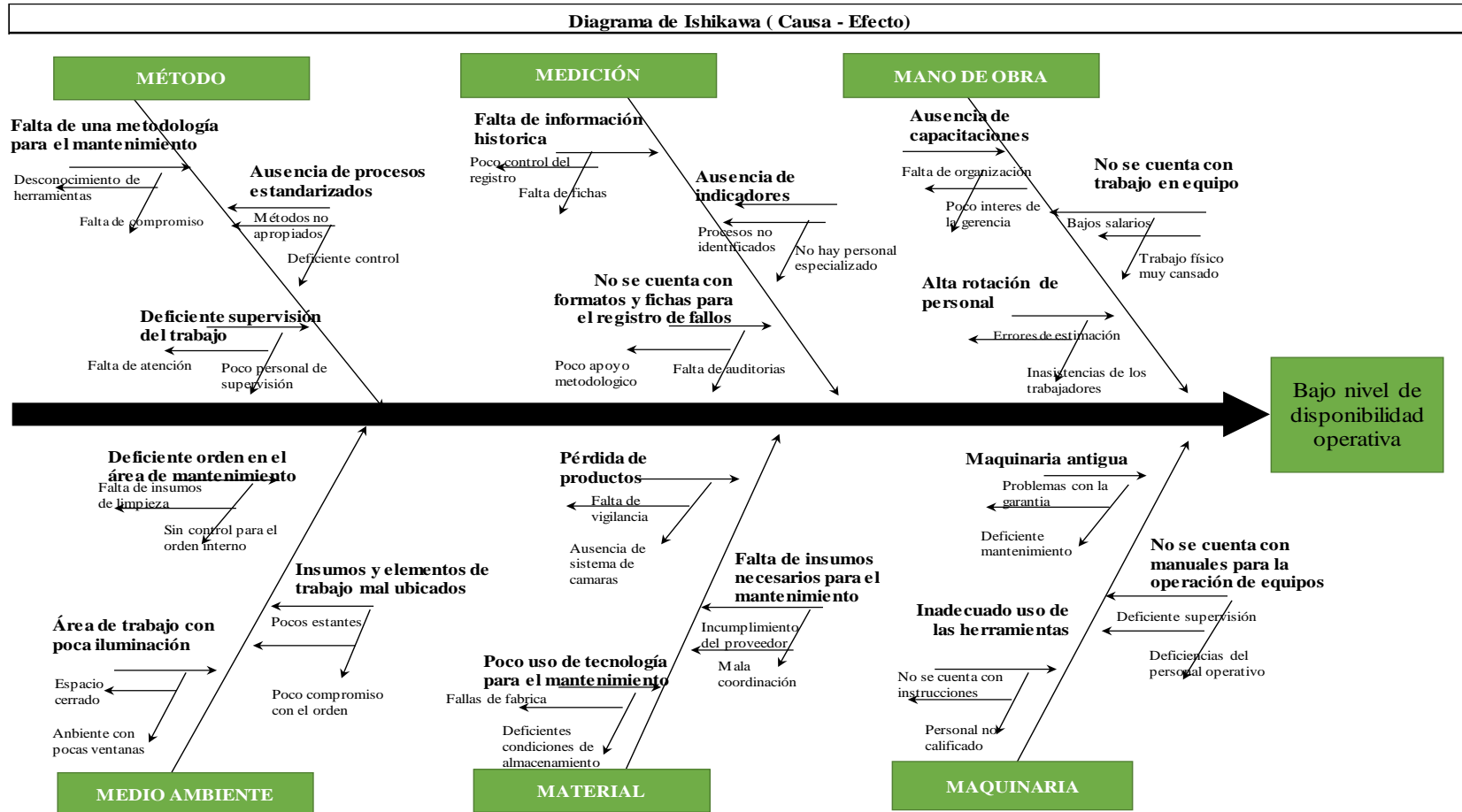
que la población de estudio corresponde a las 789 piezas producidas por los equipos, siendo la muestra un total de 247 elementos. Seguidamente, se realiza el cálculo del MTBF y MTTR de los equipos, siendo, en promedio, 50.86 y 7.76 horas, respectivamente; a su vez, se estima que los equipos poseen una disponibilidad de 86.7%. Luego, tras ejecutarse las actividades de mantenimiento preventivo según el cronograma establecido, se logró incrementar la disponibilidad a 96.88%, a medida que el MTBF se incrementó a 237.65 horas y el MTTR disminuyó hasta 0.27 horas; siendo que tal resultado incrementa la eficiencia operativa de la empresa metalmecánica.

1.3.3 Problemática local

Asimismo, se realiza el análisis de la problemática local de la empresa Wigo Motors, mediante la aplicación de las herramientas de análisis de Ishikawa, Pareto, árbol de problemas, árbol de objetivos y diagrama de los 5 porqués. Su correcto desarrollo permite identificar los principales problemas y sus posibles causas. A continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa considerando como problema general la baja disponibilidad operativa de los vehículos de la empresa:

Figura 3

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Se identifican 6 dimensiones para el bajo nivel de disponibilidad de los vehículos; específicamente, el método, la medición, la mano de obra, el medio ambiente, el material y la maquinaria; siendo que dentro de cada dimensión se establecen las causas primarias y secundarias que dan lugar al problema general. En primer lugar, en la sección método, se identifica que existe falta de una metodología para el mantenimiento, ausencia de procesos estandarizados y supervisión deficiente; a su vez, en la sección medición se halló falta de información histórica, ausencia de indicadores y falta de formatos; luego, en mano de obra se determinó que existe ausencia de capacitaciones, falta de trabajo en equipo y alta rotación del personal. Por su parte, en los determinantes del medio ambiente, se encontró que existe un orden deficiente, mala ubicación de elementos y poca iluminación; asimismo, se encontraron deficiencias en el material debido a la pérdida de productos, la falta de insumos de mantenimiento y el poco uso de tecnología; por último, las deficiencias de la maquinaria se deben a la antigüedad de los equipos, la falta de manuales de operación y el inadecuado uso de las herramientas.

Tabla 2

Impacto de causas sobre el problema central

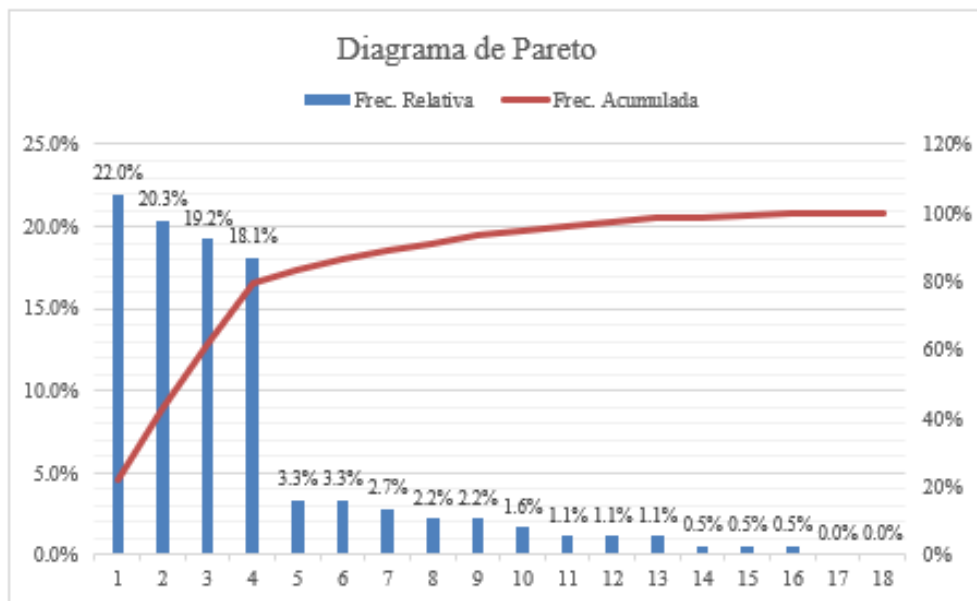
Nº	Descripción de Partida	E1	E2	E3	E4	Punt.	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Falta de una metodología para el mantenimiento	10	10	10	10	40	22.0%	22%
2	Ausencia de indicadores	10	10	8	9	37	20.3%	42%
3	No se cuenta con formatos y fichas para el registro de fallos	8	7	10	10	35	19.2%	62%
4	Ausencia de procesos estandarizados	8	9	8	8	33	18.1%	80%
5	Falta de información histórica	1	2	1	2	6	3.3%	83%
6	Ausencia de capacitaciones	1	2	2	1	6	3.3%	86%
7	No se cuenta con manuales para la operación de equipos	1	2	1	1	5	2.7%	89%
8	Falta de insumos necesarios para el mantenimiento	1	1	1	1	4	2.2%	91%
9	Deficiente orden en el área de mantenimiento	1	1	1	1	4	2.2%	93%
10	No se cuenta con trabajo en equipo	1	0	1	1	3	1.6%	95%
11	Alta rotación de personal	0	0	1	1	2	1.1%	96%
12	Pérdida de productos	1	1	0	0	2	1.1%	97%
13	Inadecuado uso de las herramientas	0	1	0	1	2	1.1%	98%
14	Poco uso de tecnología para el mantenimiento	0	0	0	1	1	0.5%	99%
15	Insumos y elementos de trabajo mal ubicados	0	0	1	0	1	0.5%	99%
16	Deficiente supervisión del trabajo	1	0	0	0	1	0.5%	100%
17	Maquinaria antigua	0	0	0	0	0	0.0%	100%
18	Área de trabajo con poca iluminación	0	0	0	0	0	0.0%	100%
TOTAL						182	100%	

Fuente: Elaboración propia

Luego, se realiza el análisis de Pareto, el cual consiste en clasificar las causas identificadas según el porcentaje que explica el problema general de baja disponibilidad de los equipos; así, en primer lugar, se encuentra la falta de metodología para el mantenimiento con una frecuencia relativa de 22%; seguidamente, se encuentra la ausencia de indicadores con el 20.3%; la falta de formatos y fichas para el registro de fallos con 19.2%; y la ausencia de procesos estandarizados con 18.1%; en conjunto, las 4 causas mencionadas acumulan un frecuencia de 80%, lo que significa que resolviendo dichas deficiencias se logrará atender el 80% del problema de baja disponibilidad. En otras palabras, el 20% de las causas (4 causas) representan el 80% del problema planteado; mientras tanto, las causas con menor frecuencia son la deficiente supervisión del trabajo, la antigüedad de la maquinaria y la poca iluminación en el área.

Figura 4

Diagrama de Pareto

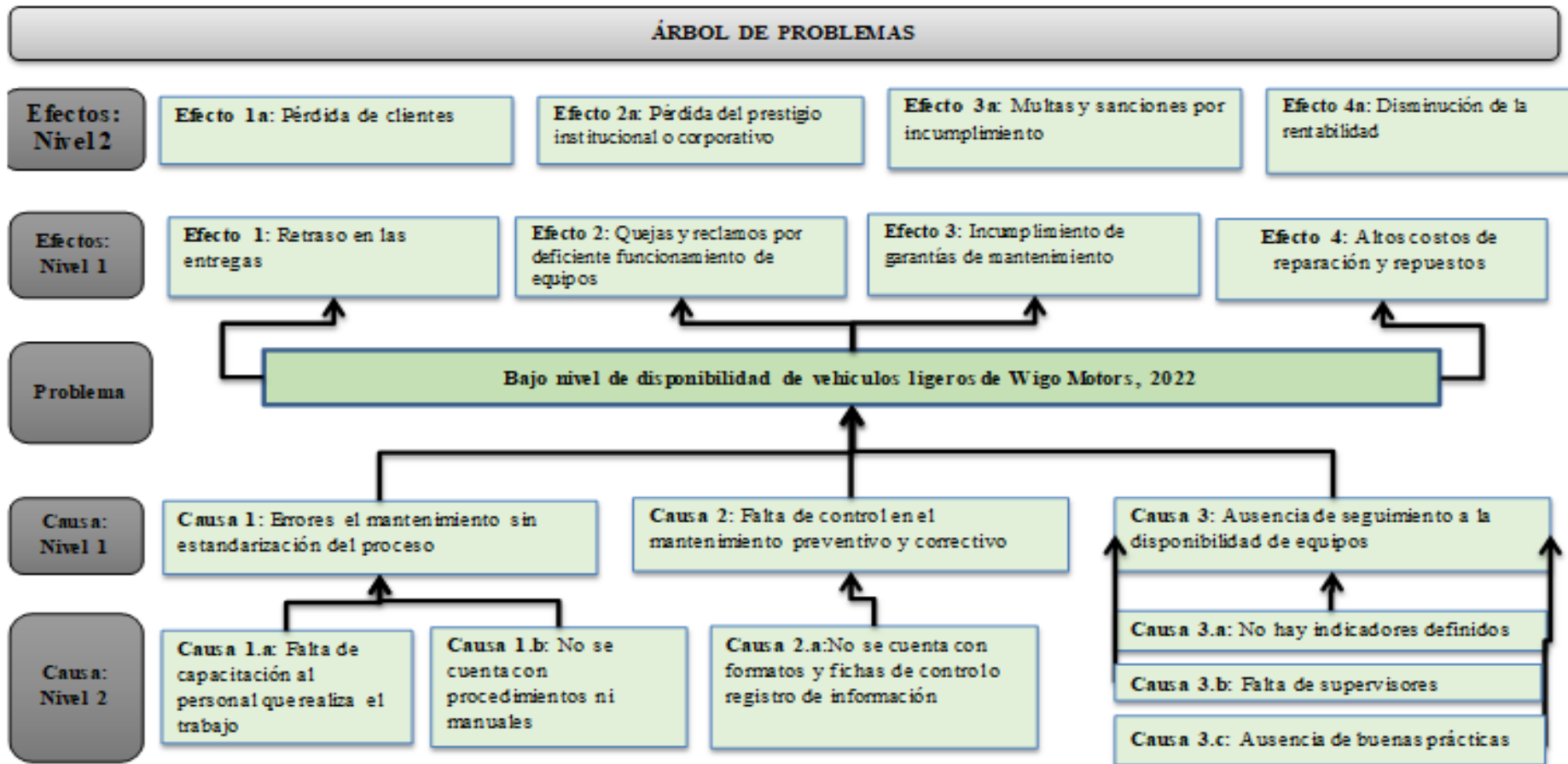


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se presenta el diagrama de Pareto, el mismo que corresponde a una representación gráfica del análisis de Pareto; así, las 4 primeras causas representan el 20% del total de causas y son responsables del 80% del problema. También, en la figura se evidencia que el otro 80% de las causas da lugar al otro 20% del problema; por lo que los esfuerzos deberán concentrarse en el 20% de las causas más críticas.

Figura 5

Árbol de problemas

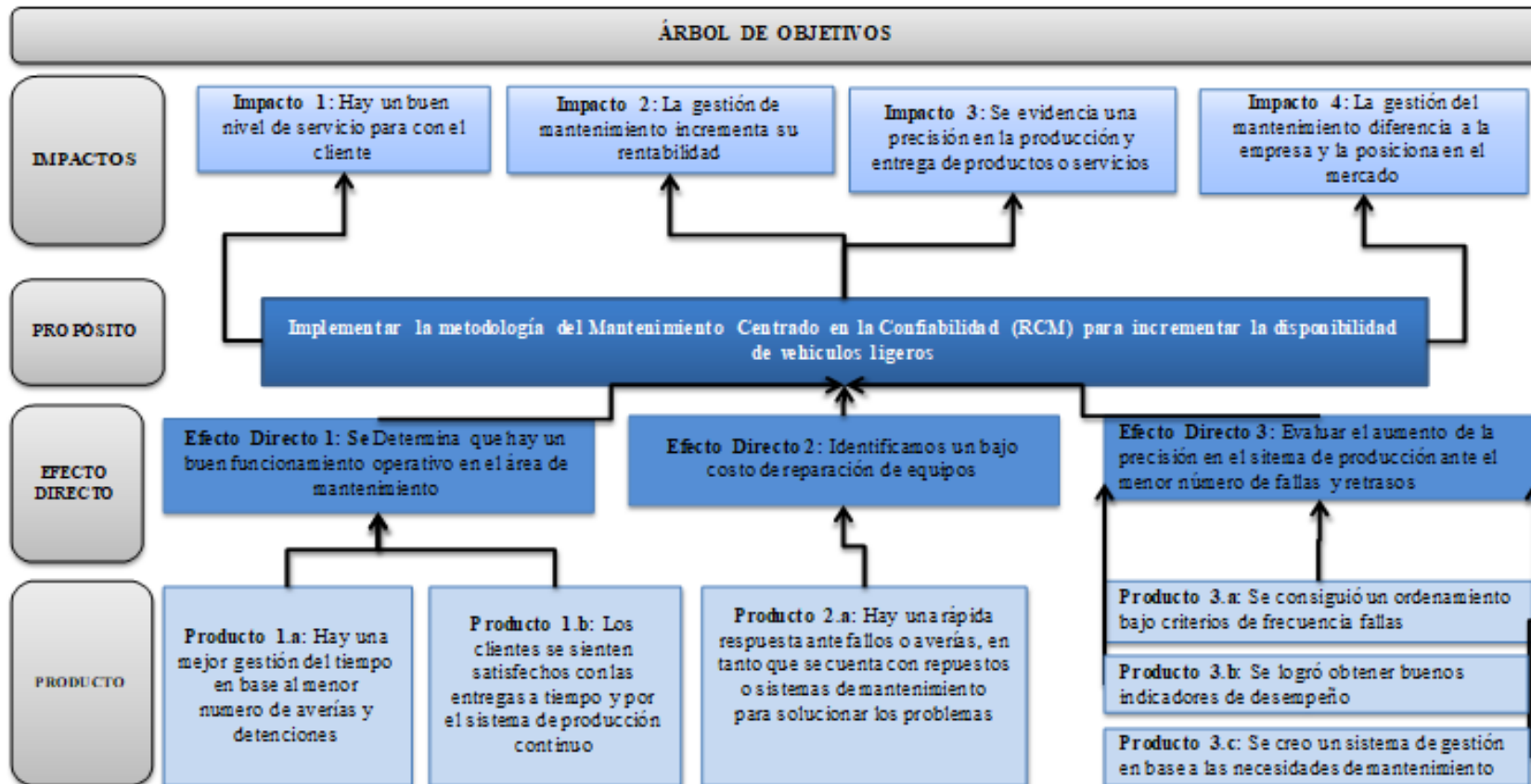


Fuente: Elaboración propia

En el árbol de problemas se ha definido el problema y dos niveles de causas y efectos; siendo que el problema se define como el bajo nivel de disponibilidad de vehículos ligeros de la empresa de autos Wigo Motors en el periodo 2022. En primer lugar, las causas que dan lugar al problema son: los errores del mantenimiento sin estandarización del proceso, la falta de control en el mantenimiento preventivo y correctivo, y la ausencia de seguimiento a la disponibilidad de equipos; seguidamente, entre las sub-causas o causas de nivel 2 se encuentra la falta de capacitación, la falta de procedimientos manuales y formatos de registro, la falta de supervisores y la ausencia de buenas prácticas. Luego, se presentan los efectos, tal como el retraso en las entregas y la consecutiva pérdida de clientes; o el incumplimiento de garantías de mantenimiento y la obligación de pagar multas y sanciones por incumplimiento.

Figura 6

Árbol de objetivos



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, en el árbol de objetivos se determina que el propósito principal es la implementación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para incrementar la disponibilidad de los vehículos ligeros; con lo cual se estima que haya un buen funcionamiento operativo en el área de mantenimiento, se logre un bajo costo de reparación de equipos y que aumente la precisión en el sistema de productivo debido a un menor número de fallos; en consecuencia, mejora la gestión del tiempo, aumenta la satisfacción de los clientes por las entregas a tiempo, se consigue un ordenamiento bajo criterios de frecuencias fallas y se crea un sistema de gestión basado en las necesidades del mantenimiento. Luego, entre los principales impactos se tiene que hay un buen nivel de servicio, donde la gestión del mantenimiento se convierte en una ventaja en la concesionaria.

Tabla 3

Matriz 5W

Problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado del análisis
Bajo nivel de disponibilidad	Falta de una metodología para el mantenimiento	Desconocimiento de herramientas				Aplicación de una metodología
		Falta de compromiso	Poco interés por la gestión del mantenimiento	No se conocen los beneficios de la adecuada gestión	No se realizan reuniones de información de desempeño	Programación de reuniones para supervisión y gestión
	No se cuenta con formatos y fichas para control de fallas	No se cuenta con personal especializado	Bajo nivel de tecnificación de la mano de obra	Ausencia de instructivos, manuales y procesos	Bajo presupuesto para formación del talento	Mejor gestión de los recursos
		Procesos no identificados	Falta de compromiso	Poco conocimiento del tema	Se requiere de un sistema de control en indicadores	Crear indicadores de desempeño
	Ausencia de indicadores de fallas y gestión de mantenimiento	Falta de auditorías	No se conocen herramientas de control	Bajo nivel de capacitación		Se requiere capacitaciones
		Poco control del registro	No se cuenta con programa de registro	Personal sobrecargado con trabajo	Falta de planificación en el trabajo	Sistema de auditorías internas
	No se cuenta con procesos estandarizados	Métodos no apropiados	Gestión de forma empírica	No se conocen herramientas	No se cuenta con diagramas de procesos	Estandarización de procesos
		Deficiente control	Los jefes no cuentan con tiempo para supervisar	Ausencia de automatización del trabajo		Diseño de formatos y registros

Fuente: Elaboración propia

Por último, se elabora la matriz de los 5 porqués, donde se determina un problema general y se indaga sobre el por qué ello se produce; seguidamente, ante la respuesta, se indaga, sobre el por qué ello se produce; así, consecutivamente hasta encontrar la causa originaria. Para el presente estudio, el problema se define como el bajo nivel de disponibilidad de los vehículos, lo cual se explica por la falta de una metodología para el mantenimiento, la falta de formatos y fichas para el control de fallas, la ausencia de indicadores de fallas y gestión de mantenimiento y la ausencia de procesos estandarizados; seguidamente, para el caso de la ausencia de indicadores, se determina que ello es causado por la falta de auditorías y el poco control del registro; asimismo, ello se debe al desconocimiento de las herramientas de control y la ausencia de un programa de registro; lo que, a su vez, es causado por la poca capacitación y el sobrecargo del personal; finalmente, ello se produce por la falta de planificación en el trabajo; en consecuencia, para resolver la causa originaria se propone brindar capacitaciones y elaborar un sistema de auditorías internas.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿En qué medida la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad operativa de vehículos ligeros en la empresa Wigo Motors, 2022?

1.4.2 Problemas específicos

¿Cuáles son las fallas más comunes que tienen los vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa Wigo Motors, 2022?

¿Cuáles son las actividades y tareas de mantenimiento que emplea el taller para el desarrollo de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa de vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022?

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación teórica

De acuerdo con Valderrama (2019) la justificación teórica hace menciona a la necesidad de profundizar en uno o varios enfoques teóricos que tratan el problema de investigación, a partir de ello, se desea lograr un incremento del conocimiento o encontrar nuevas explicaciones que modifiquen o contemplen la teoría. En consecuencia, el presente estudio se justifica teóricamente, ya que se realiza un enfoque de la aplicación de la metodología RCM considerando el conocimiento brindado por autores nacionales e internacionales.

1.5.2 Justificación práctica

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) la justificación práctica indica el interés del investigador por acrecentar sus conocimientos y contribuir a la solución de problemas concretos que afecta al desempeño de la empresa. En este sentido, la presente investigación encuentra su justificación práctica al momento de aportar una solución al problema tangible de la baja disponibilidad de los vehículos ligeros.

1.5.3 Justificación económica

Para Hernández y Mendoza (2018) la viabilidad económica del planteamiento es de vital importancia dado que refiere la eficiencia en el uso de los recursos financieros y se debe justificar a través de una rentabilidad. Por tanto, la empresa Wigo Motors, considera útil la realización del estudio ya que permite estimar el ahorro que genera la inversión en la aplicación de la metodología RCM.

1.6 Objetivos de investigación

1.6.1 Objetivo general

Determinar en qué medida la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad operativa de vehículos ligeros en la empresa Wigo Motors, 2022.

1.6.2 Objetivos específicos

Determinar cuáles son las fallas más comunes que tienen los vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa Wigo Motors, 2022.

Determinar cuáles son las actividades y tareas de mantenimiento que emplea el taller para el desarrollo de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa de vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Yanez (2021) en su investigación, el objetivo principal fue el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el RCM para incrementar la disponibilidad y reducir los números de fallos. En este sentido, fue necesario el análisis de los registros históricos, el diseño del plan, la implementación de cambios y el cálculo final de indicadores. La investigación desarrolla una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental y de nivel descriptivo; por otro lado, la población y muestra correspondió a 67 vehículos. Los resultados muestran un sistema organizado y sistematizado de mantenimiento, el cual logra un impacto positivo en la disponibilidad, dado el incremento de 85.5% a 97.3%, en tanto que el tiempo medio entre fallas corresponde a 181.4 horas. Adicionalmente, la tasa de fallos luego de la implementación se reduce de 69.3% a 37.49% y se obtiene un ahorro de costos de reparación por un total de USD \$ 10,856 dólares de forma trimestral. A partir de ello se concluye que la metodología RCM incrementa la disponibilidad y por último, se recomienda desarrollar una base de datos a detalle sobre los tipos de fallas y sus consecuencias.

Ayala (2020) el objetivo principal fue implementar una mejora en el mantenimiento en RCM para lograr un incremento de la disponibilidad, para ello fue necesario mejorar los indicadores de tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparaciones (MTTR). La confiabilidad es un aspecto importante en el mantenimiento dado que evidencia el

funcionamiento adecuado de un equipo sin la presencia de fallos. La investigación desarrolla una metodología de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, de nivel descriptivo y de diseño experimental. La muestra se determinó en 11 equipos evaluados durante 5 meses. Los resultados muestran el uso de fichas de recolección de datos, formatos de mantenimiento, programación de actividades, el análisis de confiabilidad y la supervisión de trabajos. A partir de ello, se observa un incremento del MTBF de 49.46 a 83.6 horas, en tanto que el MTTR se redujo de 2.1 a 1.89 horas; a partir de ello, se calculó una disponibilidad final de 97.9%. Por lo tanto, se concluye que los cambios aplicados logran una mejora de la disponibilidad y desempeño de equipos.

Rawahi y Sudhir (2019), el objetivo principal fue desarrollar la metodología RCM para lograr un incremento en la disponibilidad de vehículos; en este sentido, fue necesario el uso de indicadores de tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparaciones (MTTR). Se comenta que el equipo automotriz debe estar en un alto nivel de disponibilidad para el servicio, al tratarse el transporte de uno de los sectores importantes; por lo tanto, la conservación de los vehículos en condiciones de servicio durante su uso tiene altas demandas por parte de cada usuario. La investigación desarrolla una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental y de nivel descriptivo; por otro lado, la población y muestra corresponde a 4 vehículos evaluados durante un año. Los resultados indican que la disponibilidad logra un cambio positivo 88.75% a 99.91%; ello se basa en un MTBF de 15250 horas y un MTTR de 5.66 horas, en tanto que el tiempo de detención solo fue de 56.26 horas.

Rodríguez (2018), la finalidad fue desarrollar la metodología RCM para un incremento en la disponibilidad. Para el alcance de dicho objetivo fue necesario la identificación y análisis de las fallas que ocasionan inoperatividad, estructurar la propuesta en base al RCM e implementar rutinas de mantenimiento. La investigación desarrolla una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de nivel descriptivo; por otro lado, la población fue de 202 vehículos y la muestra se tomó en 94 de ellos al tratarse de la marca SCANIA. Los instrumentos de recolección de datos fueron las fichas AMEF y las hojas de decisión RCM. El análisis inicial logra una disponibilidad en promedio del 73%, lo cual se basa en un tiempo medio para reparaciones (MTTR) de 2712 horas y un tiempo medio entre fallas (MTBF) de 5315 horas en total. A partir de ello, los resultados presentan un sistema de análisis sobre la criticidad y un nuevo procedimiento para el mantenimiento, con lo cual se espera alcanzar una disponibilidad del 93%. Finalmente, se concluye que el plan basado en RCM estructura de forma adecuada el sistema de mantenimiento con la organización de tareas diarias y específicas, en tanto que el análisis AMEF complementa la evaluación.

Ma, Wu y Zhang (2014), el objetivo principal fue aplicar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de vehículos. El RCM es un método de mantenimiento para mejorar los períodos de servicio del equipo y se determinan en base a un juicio lógico y un análisis efectivo de resultados de confiabilidad y mal funcionamiento; a partir de ello, se establecen las estrategias de mantenimiento. Se cuenta con una metodología de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y de nivel descriptivo; adicionalmente, el instrumento de recolección de datos fueron las fichas de fallas y las hojas de decisión RCM.

Por otro lado, la población y muestra fueron 156 vehículos. El análisis de los resultados determinó un total de 21 tipos potenciales de fallas que deben ser tomadas en cuenta para el mantenimiento; a partir de ello, se logró mejorar los indicadores del tiempo medio entre fallas a 198 horas, el tiempo medio de reparaciones a 6.23 horas, logrando así una disponibilidad de 96.95%. Por lo tanto, se concluye que las estrategias del RCM permiten mejorar el desempeño de los vehículos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Nuñez y Puchoc (2021), se definió como objetivo principal incrementar la disponibilidad de la empresa a partir de la aplicación del RCM, por lo que la investigación se desarrolló sobre una metodología de diseño experimental, del tipo aplicativo cuantitativo y de alcance correlacional; a su vez, para la recolección de información, se definió una muestra de 99 camiones y se utilizaron instrumentos tales como la ficha de confiabilidad de proceso, ficha de tarea de mantenimiento, ficha de MTBF, ficha de MTTR, entre otros. Los resultados de la investigación mostraron que la disponibilidad operativa ascendió de 77.8% a 94.7%; a su vez, el tiempo medio entre fallas pasó de 290.81 a 603.06 horas a partir de la aplicación del RCM; también, el MTTR se redujo de 72.51 a 39.17 horas; por último, la aplicación del plan RCM resulta rentable ya que se calculó un VAN de S/8,751.50 soles. En consecuencia, el autor concluye que la aplicación del mantenimiento permite incrementar la disponibilidad operativa de la empresa.

Ccoyllo y Denil (2021) se estableció como objetivo general aumentar la disponibilidad y confiabilidad (MTBF) de la empresa en mención; además de disminuir la mantenibilidad (MTTR) en el área de supervisión y control a partir de la aplicación del RCM.

Para ello, la investigación se elaboró considerando una metodología de diseño cuasi experimental, del tipo aplicativo, de enfoque aplicativo y de nivel explicativo; asimismo, en el desarrollo de la investigación se utilizaron la observación directa, formatos, técnicas de análisis estadístico, etc. para determinar los niveles de confiabilidad, MTTR y MTBF de los equipos de la empresa; así como la viabilidad económica del RCM. Entre los resultados, se obtuvo que la confiabilidad se incrementó del 86.82% al 98.88%, con lo cual se acepta la hipótesis alternativa definida como la implementación del mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de los equipos, ya que, mediante contrastación de hipótesis, se obtuvo un p-valor de $0.03 < 0.05$ nivel de significancia; asimismo, el MTBF se incrementó de 33.6 horas a 47.47 horas; mientras que el MTTR se redujo de 4.53 a 0.53 horas.

Chavarría (2019), la finalidad fue desarrollar los lineamientos de la metodología RCM para un cambio en la disponibilidad operativa. En este sentido, fue necesario el cumplimiento de objetivos específicos como la determinación de la criticidad de los componentes, el diseño del plan de mantenimiento y la capacitación al personal operativo. La investigación cuenta con una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y de corte temporal transversal. La población y muestra fueron de 7 máquinas evaluadas en 2 años, en tanto que para la recolección de datos se emplearon check list de mantenimiento, reportes de fallas, hojas de decisión RCM y la ficha AMEF. El análisis de fallos muestra que los principales inconvenientes

se centran en el motor, los sistemas de frenos y el mecanismo eléctrico, explicado así el 80% del problema. En base a una nueva organización del mantenimiento se logra un incremento en la disponibilidad de 74% a 92% en promedio de escenarios, en tanto que el MTBF se incrementó de 16 a 43 horas y e MTTR se redujo de 8 a 3 horas. Por lo tanto, se concluye que la metodología RCM incrementa la disponibilidad.

Salazar (2019), el objetivo principal fue desarrollar un plan de mantenimiento en base al RCM para incrementar la disponibilidad de los vehículos. A partir de ello, se establecieron los indicadores previos, se identificaron las fallas, efectos y modos de fallos para obtener el índice de riesgo (NPR), se diseñaron hojas de decisión RCM y se evaluaron los costos de la implementación. La metodología de investigación fue de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y de nivel descriptivo; la población y muestra corresponde a 6 vehículos evaluados en 1 año. Por otro lado, las técnicas de recolección de datos fueron la observación directa, las entrevistas y el análisis documental de gráficas. Los resultados indican un cambio positivo en la disponibilidad que se incrementó desde 83.26% a 97.31%, siendo este último valor un óptimo en el rango propuesto, dado que la mantenibilidad (tiempo medio entre fallos) se redujo en 13.61%, logrando un mayor tiempo del vehículo en las operaciones; además, se obtiene un beneficio anual de S/ 8,737.09 soles por la implementación de cambios. Finalmente, se concluye que la implementación del RCM incrementa la disponibilidad.

Durand (2018), la finalidad fue lograr un incremento de la disponibilidad mediante los lineamientos del mantenimiento RCM. En este sentido, se requirió del análisis de la situación

inicial, la identificación de los puntos críticos y el diseño de un plan organizado para el mantenimiento. La investigación cuenta con una metodología de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo y de nivel descriptivo. La población corresponde a 144 vehículos y la muestra fue de 105 de ellos; para la recolección de datos se emplearon Checklist de fallas, hojas de decisión RCM y la ficha AMEF. Las causas de fallos fueron 20 y las más importantes corresponden a los problemas de motor, embrague, pintura, frenos, dirección sistema de aire, caja de cambios, puertas y sistema eléctrico, dado que representaron el 80% del total del problema. Respecto a los indicadores de interés, el tiempo medio entre fallas fue de 194.13 horas, en tanto que el tiempo medio de reparaciones se calculó en 9.17; a partir de ello, se obtiene una disponibilidad de los vehículos de 96.85%. Por último, se concluye que la aplicación de la metodología RCM permite realizar de forma correcta la gestión del mantenimiento para mejorar el desempeño de las operaciones.

2.2. Bases teóricas

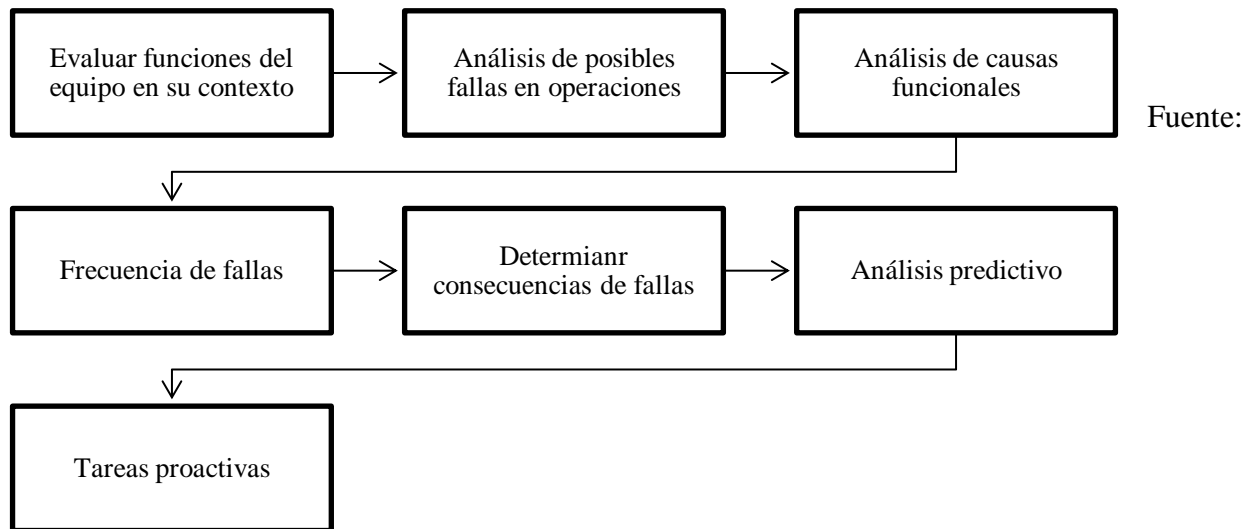
2.2.1. Variable independiente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Campos et al. (2019) se define al mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) como una metodología eficaz para elaborar planes de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, entre otros. Inicialmente, la metodología fue utilizada en el campo de la aeronáutica, donde se estableció como una herramienta capaz de incrementar la confiabilidad y seguridad de los equipos. Así, el RCM se presenta como una técnica capaz de organizar y planificar actividades de mantenimiento que buscan incrementar la confiabilidad de los equipos o maquinarias; en otras palabras, el RCM es un proceso que determina las acciones a realizar para que cierto activo realice sus operaciones según lo esperado.

Además, el RCM es un método útil para analizar los riesgos de un equipo, identificar oportunidades de mejora, clasificar a los componentes según su importancia; entre otros; asimismo, para que se considere cumplido el proceso RCM se debe cumplir con una secuencia de preguntas dictadas por las normas internacionales, principalmente relacionadas a las funciones de los equipos, sus fallos, causas, efectos y actividades de mejora. Se resalta que, para cumplir de manera exitosa con el proceso RCM, se debe contar con toda la información referente al equipo y con una base de datos confiable.

Figura 7

Procesos para el mantenimiento centrado en la confiabilidad



Campos, Tolentino, Toledo y Tolentino (2019)

En la figura anterior se muestran las actividades a realizar para cumplir con el proceso RCM; en primer lugar, se evalúan las funciones de los equipos en un determinado contexto; luego, se analizan las posibles fallas que puedan surgir en las operaciones; luego, se analizan las causas funcionales de los fallos y se evalúa su frecuencia. Seguidamente, se determinan las consecuencias que producen las fallas y se realiza un análisis predictivo considerando los datos obtenidos. Por último, se establecen las tareas proactivas que se orientan a resolver las causas de las fallas de los equipos.

Por su parte, Casas y Barona (2019) comentan que el RCM fue desarrollado originalmente por Matteson, Nowlan y Heap, ingenieros de una empresa aeronáutica, los cuales elaboraron un proceso para identificar los requerimientos en el área de mantenimiento y que estos se realicen de manera óptima. Dicho proceso consiste en analizar las funciones de los

activos, evaluar sus posibles fallos, las causas, los efectos y las consecuencias, con lo cual se determinan las tareas más adecuadas según el contexto operacional. Así, las estrategias de mantenimiento se dividen en identificación, relevamiento, planificación, proyección y control; en primer lugar, la identificación se encarga de detallar los elementos de la estructura de la organización, los factores climáticos que afectan al espacio, los equipos de trabajo y los elementos físicos que participan del proceso general. A su vez, en el relevamiento se determinan las condiciones en las que se encuentra el equipo; mientras que en la planificación se construye un programa con tareas de reparación, trabajo preventivo y trabajo predictivo; asimismo, en la etapa de proyección se determinan los resultados esperados; mientras que, en la estrategia de control se establecen las acciones que permitan corroborar que las acciones den lugar a los resultados esperados.

Por otro lado, en Espinosa et al. (2020) se comenta que la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) plantea como eje central los trabajos en los puntos críticos de los elementos que generan fallos, dado que parte de un análisis de riesgo para minimizar las detenciones. A partir de ello, se generan estrategias para el mantenimiento que generan expectativas positivas aplicables a cualquier tipo de equipos, dado que menciona la forma en cómo evaluar y proceder a la gestión.

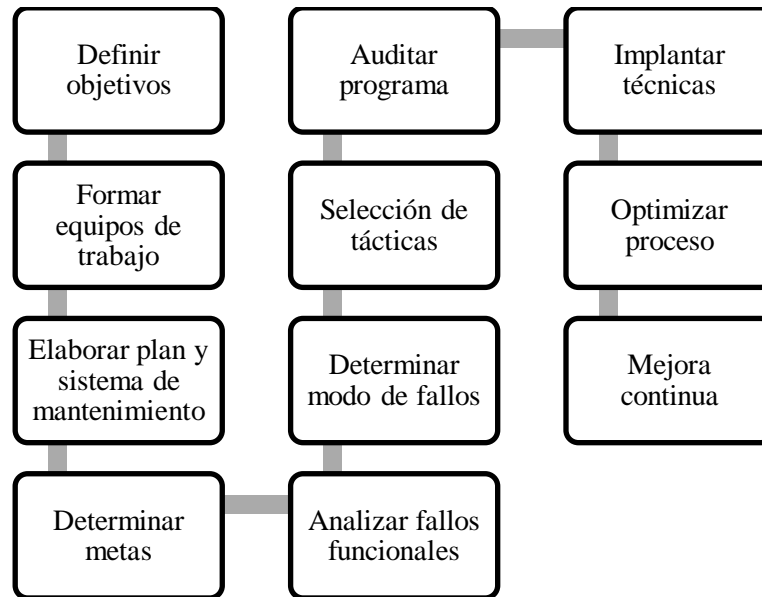
En Gonzales (2015) se define al RCM como un proceso útil para determinar las actividades que se deben realizar para garantizar que un determinado elemento realice las funciones esperadas dentro de un contexto operacional específico; asimismo, la aplicación del

RCM implica definir el contexto operacional, las funciones, los niveles de desempeño, las fallas funcionales, modos de falla, entre otros. Dicho de otra forma, la metodología RCM permite identificar las estrategias de mantenimiento óptimas, teniendo en cuenta los riesgos de falla y cumpliendo con los niveles de desempeño establecidos. Además, el autor menciona que la metodología debe resolver 7 cuestiones básicas, las funciones del elemento, las fallas funcionales, las causas, los efectos, las consecuencias, las tareas de mantenimiento y las acciones programadas.

A su vez, Zafra (2017) complementa que, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) se define como un proceso que define las acciones que garantizan el cumplimiento de los estándares deseados de cierto equipo o maquinaria; es decir, asegura la operatividad de los activos y, en consecuencia, favorece la confiabilidad del sistema en su conjunto. Entre las principales herramientas del RCM se encuentra el mantenimiento predictivo, el cual se encarga de anticipar los posibles fallos antes de que estos se produzcan y generen un paro de la maquinaria; a su vez, el análisis de los requerimientos de los usuarios debe realizarse mediante un canal de comunicación adecuado y utilizando las técnicas de recolección de información que mejor se adapten a los clientes.

Figura 8

Implementación de la metodología RCM



Fuente: González y Fuentes (2019)

En la figura anterior, se muestra la secuencia para la implementación de la metodología RCM, la cual inicia con la definición de objetivos y la formación de equipos de trabajo; seguidamente, se elabora un plan de mantenimiento y se establecen las metas. Luego, se realiza el análisis de fallos funcionales, se determinan los modos de fallo y se realiza la selección de tácticas a seguir; posteriormente, se realiza una auditoría al programa con el objetivo de implantar técnicas que permitan optimizar el proceso; finalmente, el proceso se repite con el objetivo de mejorar continuamente.

También, Rojas et al. (2017) sostienen que la metodología RCM debe desarrollarse siguiendo 7 etapas; a saber, fallas funcionales, donde la falla se define como la imposibilidad de que un activo realice las funciones deseadas; también, el análisis de modos de falla y sus efectos,

donde un modo de falla es aquel evento o acción que pueda ocasionar la falla; a su vez, en las consecuencias de falla se analiza la naturaleza y la gravedad de los efectos de la falla; mientras que, en la etapa de tareas preventivas se lleva a cabo el análisis de fiabilidad técnica y se ejecutan las tareas preventivas que permiten evitar un estado de falla del activo. Otra etapa corresponde a las acciones predeterminadas, las mismas que se orientan a reducir el riesgo de las fallas múltiples y donde se incluye la tarea de búsqueda de falla. Asimismo, en el diagrama de decisión RCM se ofrece un estudio a detalle sobre los costos y beneficios del plan; mientras que, en la última etapa de sugerencias de implementación se completan las hojas de decisión RCM, se determinan el total de tareas que conforman el proceso y las posibilidades de falla.

También, Galaviz y Alfaro (2015) define al mantenimiento centrado en la confiabilidad como un proceso capaz de determinar las tareas a realizar para garantizar que cierto activo cumple las funciones esperadas en un contexto operacional determinado; asimismo, es considerado un método que identifica las actividades del sistema, las posibilidades de falla en el sistema y las prioridades de mantenimiento, ello considerando la factibilidad económica de la empresa y su seguridad. Por otro lado, el RCM sirve para identificar las labores de mantenimiento a realizar y sus frecuencias de aplicación; y su éxito depende, principalmente, del análisis funcional de los activos, realizado por el personal trabajador de la empresa. Un RCM correctamente desarrollado permitirá que se genere un entorno de gestión flexible y coherente con la realidad del mantenimiento; con lo cual se alcanzan los niveles requeridos por la producción. También, se caracteriza por ser una herramienta que permite adaptar las estrategias

de mantenimiento a un entorno operacional; además de ser una metodología en base a procedimientos sistemáticos.

En Casas y Barona (2019) se resalta las diferencias entre plan y programa, puesto que el primero es utilizado en un horizonte de tiempo mayor; mientras que, el programa es utilizado en un corto plazo, puesto que posee objetivos inmediatos. Por tanto, un programa de mantenimiento se define como un sistema ordenado con una metodología específica aplicable periódicamente a un equipo o sistema determinado; asimismo, el programa de mantenimiento deberá poseer un presupuesto, con el cual se inicia la definición de objetivos, prioridades y políticas de gestión que se complementen y garanticen el éxito del plan.

Asimismo, en Velasco, Sánchez y Peral (2016) se menciona que la metodología RCM cuenta con 7 preguntas básicas para determinar la gestión del mantenimiento de equipos, en tanto que cada una de ellas establece un proceso a seguir y se mencionan a continuación.

- ¿Cuáles son las funciones deseadas para la máquina en análisis?
- ¿Cuáles son los estados de fallos funcionales asociados a las funciones anteriores?
- ¿Cuáles son las probables causas para cada uno de estos fallos?
- ¿Cuáles son los efectos del fallo?
- ¿Cuáles son las consecuencias de los efectos de fallo?
- ¿Qué acciones pueden tomarse para predecir o prevenir los fallos?
- ¿Qué puede hacerse si no es posible encontrar una acción preventiva o predictiva para el adecuado mantenimiento?

En Gonzales y Fuentes (2019) se menciona que, para lograr un adecuado análisis de fallas y efectos dentro de las operaciones de cada equipo, en la metodología RCM se ha incluido el AMEF como parte esencial, en tanto que esta técnica identifica los componentes susceptibles a generar averías a través de la ponderación entre la gravedad, frecuencia y dificultad de detección de los modos de fallas que ocasionan el problema. En este sentido, el AMEF ha sido muy útil como paso previo a la elaboración de estrategias en el mantenimiento, dado que a partir de dicho análisis es posible plantear acciones que resuelvan los problemas de fondo en base a los elementos que ocasionan los fallos o detenciones; además, se menciona que esta técnica es difícil de utilizar dado que requiere de amplio conocimiento.

De forma similar, en Andrade y Herrera (2021) se indican las bases y fundamentos teóricos de la gestión del mantenimiento enfocada en la confiabilidad con respecto a los aspectos actuales, tradiciones y particularidades de la gestión eficiente del mantenimiento. Además, se detalló que el procedimiento para la elaboración del Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) y el procedimiento RCM son sistemáticos y parten de una secuencia lógica, orientados a priorizar los equipos y reducir los costos del mantenimiento. Actividad en la medida en que se crea una confiabilidad operativa.

De acuerdo con Gupta y Sri (2016) la gestión del mantenimiento requiere un análisis a fondo de las fallas y efectos ocasionados por las operaciones y las condiciones de cada equipo; a partir de ello, se ha desarrollado una técnica denominada AMEF que permite realizar un análisis modal de fallas y efectos y a partir de este punto plantear un mantenimiento preventivo que logre mejorar las condiciones del equipo. Para lograr un cambio significativo se requiere de la aplicación de pasos explicados en la tabla a continuación.

Tabla 4

Fases del análisis modal de fallas y efectos

Fase	Descripción
Formar equipo de trabajo	Contar con trabajadores competentes de experiencia en el tratamiento de los equipos
Determinar objetivos	Establecer lineamientos para el mantenimiento y los resultados esperados
Conocer funciones del equipo	Es necesario identificar los procesos que sigue el equipo para la operación
Modos potenciales de fallos	Identificar fallas existentes y posibles orígenes
Efectos potenciales	Conocer las consecuencias que puede traer cada tipo de avería
Fallas potenciales	Determinar la causalidad a través de diagramas y análisis
Sistemas de control	Diseño de controles para prevenir las averías de forma directa
Indicadores de evaluación	Establecer los valores de gravedad, frecuencia y detección en los equipos
Modo potencial	Determinar los valores de NRP y establecer prioridades
Acciones de mejora	Plantear cambios según los resultados obtenidos a través de la mejora de los puntos críticos señalados
Revisión	El enfoque de mejora continua determina una revisión periódica del proceso a fin encontrar nuevas oportunidades para el cambio positivo.

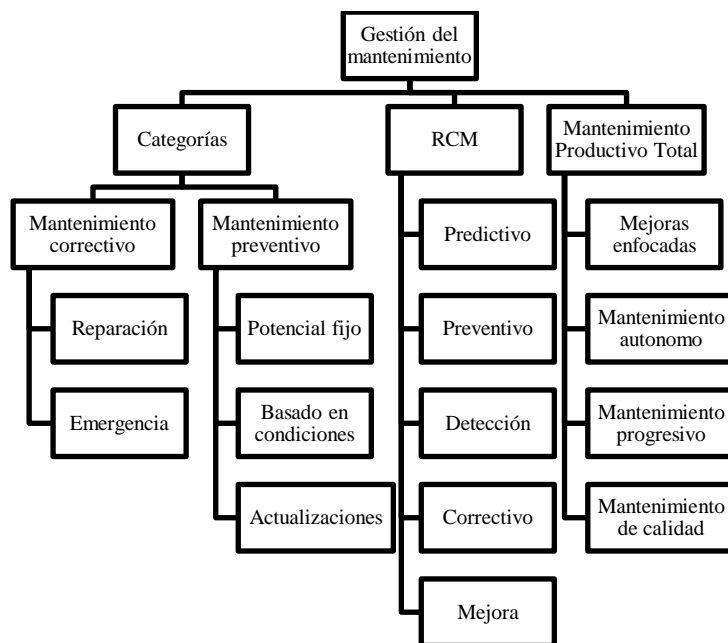
Fuente: Gupta y Sri (2016)

Se muestran las fases del análisis modal de fallas y efectos; donde se consideran 11 fases con su respectiva descripción. A saber, la fase de formación de equipos de trabajo consiste en elegir a trabajadores experimentados en el tratamiento de los equipos; la fase de determinar objetivos se refiere a establecer lineamientos para el mantenimiento; a su vez, en la fase de conocer funciones, se identifican los procesos que realiza el equipo; mientras que, en la fase de modos potenciales de fallos, se identifican las fallas existentes y sus posibles orígenes; luego, continúan las fases de efectos potenciales, fallas potenciales, sistemas de control, indicadores de evaluación, modo potencial, acciones de mejora y revisión, cada una con un objetivo específico orientado a mejorar las acciones de mantenimiento.

Por otro lado, Rivas (2017) explica que, las empresas cuando desean realizar acciones de mantenimiento realizan una combinación de los tres grupos que existen, tales como el mantenimiento correctivo, el cual se realiza cuando ha sucedido la avería, pudiendo acarrear otras fallas en el peor de los casos; el mantenimiento preventivo, el cual se encarga de prevenir posibles averías a través de una atención anticipada y; por último, el mantenimiento predictivo que al igual que el anterior se realiza antes de que ocurra un incidente, la diferencia es que aquí se realiza un programa de mantenimiento que toma en consideración una serie de indicadores para planificar una atención oportuna. La gestión del mantenimiento se ilustra a través de la siguiente figura.

Figura 9

Gestión del mantenimiento



Fuente: Rivas (2017)

En la figura mostrada, se establecen las categorías de la gestión del mantenimiento, los tipos de RCM y los pilares del mantenimiento productivo total; así, el mantenimiento puede ser correctivo, donde se realizan labores de reparación y atención a emergencias; o preventivo, donde se determina el potencial fijo, se analizan las condiciones y se actualizan. A su vez, el RCM puede considerar un enfoque predictivo, preventivo, de detección, correctivo o de mejora. Por su parte, para que la gestión del mantenimiento logre un mantenimiento productivo total debe enfocar sus esfuerzos en las mejoras, realizar mantenimiento autónomo, mantenimiento progresivo y mantenimiento de calidad.

Dimensiones

- Confiabilidad del proceso (CP)

Para Casas (2019) la confiabilidad del proceso se relaciona con la verificación del adecuado funcionamiento de los sistemas de evaluación, en tanto que se requiere de un mecanismo estandarizado para el cumplimiento de los parámetros de operaciones. En este sentido, es de gran importancia mantener los cambios positivos de una implementación de mejoras para incrementar la confiabilidad y el nivel de desempeño; por lo tanto, las supervisiones cumplen un papel trascendental. Para el cálculo del cumplimiento de la confiabilidad del proceso se presenta la siguiente ecuación.

Ecuación 1 Cálculo de la confiabilidad del proceso (CP)

$$CP = \frac{\textit{Inspecciones efectuadas}}{\textit{Inspecciones planificadas}}$$

- Tareas de mantenimiento (TM)

De acuerdo con Linares (2018) las tareas de mantenimiento permiten conservar las condiciones físicas de las máquinas para lograr un buen funcionamiento en las operaciones; ello incluye la poca presencia de fallas o averías, en tanto que se debe contar con un sistema de planificación en caso se presenten emergencias en las reparaciones. A partir de ello, el programa de mantenimiento se debe cumplir para orientar los trabajos en base a opiniones de especialistas; por lo tanto, se recomienda contar con una programación en frecuencia de días o semanas. Por otro lado, la estandarización del proceso, propio de un sistema organizado e industrializado, considera el cumplimiento de las tareas como un aspecto clave y el cálculo de este indicador se presenta con la siguiente fórmula.

Ecuación 2 Cálculo de las tareas de mantenimiento (TM)

$$CP = \frac{\textit{Tareas cumplidas}}{\textit{Tareas planificadas}}$$

- Número de prioridad de riesgo (NPR)

En Gupta y Sri (2016) se menciona que el número de prioridad de riesgo es un factor de análisis ponderado que calcula la información correspondiente a la frecuencia, severidad y dificultad de detección de las fallas en un equipo o sistema; esto es el resultado final del análisis modal de fallas y efectos (AMEF). A partir de este indicador se efectúa un análisis a detalle de los elementos que rodean y caracterizan las averías para luego diseñar soluciones según los datos; cabe resaltar que mientras más alto sea el valor, mayor es la probabilidad de riesgo. Para su cálculo se cuenta con la siguiente expresión.

Ecuación 3 Cálculo del número de prioridad de riesgo (NPR)

$$NPR = \textit{Frecuencia} * \textit{Gravedad} * \textit{Detección}$$

De forma complementaria, en Suárez y Nieto (2020) se presenta una clasificación del NPR según el nivel de riesgo y la prioridad de los trabajos a desarrollar; para ello se presenta la tabla a continuación.

Tabla 5

Clasificación del número de prioridad de riesgo

Puntuación NPR	Nivel de riesgo	Decisión	Prioridad
1-27	Riesgo bajo	Riesgo aceptado (RA)	No es necesario aplicar acciones para reducir el riesgo

28-75	Riesgo medio	Riesgo rechazado (RR)	Recomendable aplicar acciones en el mediano plazo
76-125	Riesgo alto	Riesgo rechazado (RR)	Es necesario desarrollar acciones en el corto plazo

Fuente: Suárez y Nieto (2020)

Anteriormente, se observa que el nivel de riesgo bajo corresponde a puntuaciones de 1 a 27, en tanto que no es necesario aplicar acciones para reducir el riesgo porque es aceptable aun. Luego el riesgo medio abarca los puntajes de 28 a 75, los cuales requieren aplicar acciones en el mediano plazo y finalmente, el riesgo algo es de 76 a 125 y es un nivel rechazado por lo que se deben aplicar acciones en el menor tiempo posible.

2.2.2. Variable dependiente: Disponibilidad operativa

En la presente sección se define la disponibilidad operativa desde la visión de diferentes autores; tal es el caso de García (2016) que define a la disponibilidad como una característica que determina la funcionalidad de un equipo, maquinaria o elemento, siendo que este se encuentre en funcionamiento o en paro debido a una falla; así, se construyen dos escenarios para el activo o sistema: el estado en operación y el estado fuera de operación. El paso de un estado al otro se debe a la probabilidad de fallo, la probabilidad de realizar el mantenimiento en un tiempo determinado y la probabilidad de que el tiempo de retraso no sea mayor al esperado. Por tanto, la disponibilidad representa la característica más importante para el personal que utiliza el sistema, ya que se trata del tiempo del que se dispone para utilizar el sistema y lograr resultados esperados. En términos matemáticos, la disponibilidad puede expresarse mediante los parámetros que definen los tiempos en operación y fuera de operación; así:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MLDT}$$

Dónde:

MTBF = Tiempo promedio entre reparaciones

MTTR = Tiempo promedio por reparación

MLDT = Tiempo promedio por retrasos de gestión

En específico, el tiempo promedio entre reparaciones (MTBF) representa el tiempo promedio en el que el equipo o sistema se encuentra en operaciones; a su vez, el MTBF es conocido como fiabilidad. Por otro lado, el tiempo promedio por reparaciones se define como el tiempo promedio en el que el equipo se encuentra fuera de operaciones; el cual determina la mantenibilidad del sistema.

Según Cárcel (2014) la disponibilidad se logra mediante la aplicación de estrategias de mantenimiento y un reordenamiento del trabajo a un costo económicamente factible. Una estrategia de mantenimiento se desarrolla mediante la evaluación de las capacidades técnicas de los activos, la identificación de las causas que impiden alcanzar los resultados esperados, la definición de acciones a realizar, el control de las técnicas y procedimientos aplicadas, entre otros. En consecuencia, la disponibilidad de un elemento en un determinado periodo se representa matemáticamente como la fracción de tiempo donde dicho elemento es capaz de realizar la función determinada dentro de los estándares de rendimiento esperados.

A su vez, Gonzales et al. (2015) señalan que la disponibilidad se expresa como la probabilidad de lograr un correcto funcionamiento del sistema; por tanto, se vincula con el

tiempo de uso de un equipo mientras se encuentre operativo; el cual, a su vez, es determinado por el mantenimiento preventivo y correctivo que realiza el área de mantenimiento. También, los autores señalan que, con frecuencia, se utiliza el MTBF y el MTTR como parámetros para calcular la disponibilidad; sin embargo, existen diversos indicadores que se relacionan al concepto de disponibilidad.

También, en García (2016) se define a la disponibilidad como aquella que depende de sus elementos intrínsecos; es decir, se dejan de considerar aquellas variables que dependen de la gestión, instalación o fabricación del sistema o equipo, tales como el MLDT, de manera que la disponibilidad intrínseca se representa como:

Ecuación 4 Cálculo de la disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Dónde:

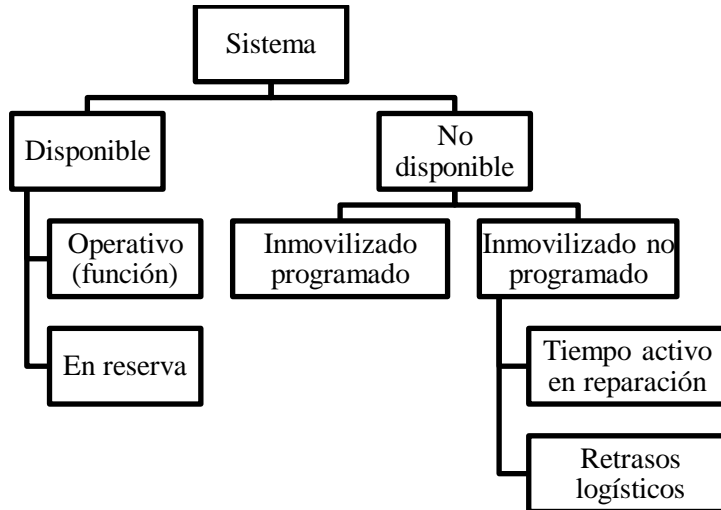
MTBF: Tiempo medio entre fallas

MTTR: Tiempo medio para reparaciones

De manera complementaria, Patterson y Hennessy (2018) definen a la confiabilidad como la calidad del servicio que ofrece la empresa, para lo cual se necesita definir los estándares del comportamiento del sistema. Desde el punto de vista del consumidor, se calificará al servicio como conforme o interrumpido, lo cual es determinado por los fallos ocasionales o constantes producidos en el sistema; en consecuencia, la frecuencia en la que se producen los fallos da lugar a la medición de los tiempos medios entre fallas (MTBF) y los tiempos medios de reparación (MTTR).

Figura 10

Reparto de los tiempos en sistemas



Fuente: García (2016)

En la figura anterior se muestran los dos posibles estados del sistema; en el primero, el sistema se encuentra disponible y puede encontrarse en un estado operativo o reservado; mientras que, puede estar no disponible debido a una inmovilización programada o a una inmovilización no programada como consecuencia de retrasos logísticos y el tiempo activo en reparaciones.

También, Fernández de la Calle (2020) define a la disponibilidad como la probabilidad de éxito de un sistema o activo en un momento del tiempo, por lo que depende de la frecuencia de fallos y tiempos de reparación. A su vez, el tiempo medio de reparación es calculado como el tiempo promedio de restablecimiento cuando el elemento falla; mientras que, el tiempo el tiempo medio entre fallos se define como el tiempo estimado entre cada ocurrencia del fallo.

A su vez, Caballero y Clavero (2016) sostienen que, para lograr una alta disponibilidad de los equipos en un periodo determinado, se debe apuntar a eliminar los puntos de fallo individuales para evitar que estos se conviertan en un fallo a mayor escala; asimismo, se debe incrementar la calidad del procesamiento de información y desarrollar los mecanismos para la detección temprana de fallos, con lo que se podrán definir actividades de mantenimiento mientras el sistema se mantiene en operación. También, define el MTBF como el tiempo promedio entre los fallos que se producen en un sistema; a su vez, el MTTR es definido como el tiempo promedio que se utiliza para reparar el componente del sistema afectado por la falla. Por otro lado, entre las causas que generan una baja disponibilidad, se encuentra la falta de análisis de los requisitos de los elementos del sistema, errores en la ejecución interna, fallos en el entorno físico, deficiencias en la gestión de información, entre otros.

Además, Rodríguez et al. (2016) señala que la disponibilidad representa la secuencia continua del servicio ofrecido; a su vez, es definida como la probabilidad de que el sistema o activo se encuentre en las condiciones óptimas para realizar las funciones deseadas en el momento requerido. Asimismo, el autor considera que un sistema posee una disponibilidad adecuada cuando su valor es mayor o igual al 90%.

Dimensiones

- Tiempo medio entre fallas

Según Fernández de la Calle (2020) el tiempo medio entre fallas o MTBF representa el tiempo promedio total entre los fallos, el cual también se puede calcular como el tiempo total de funcionamiento del activo entre el número total de fallos, tal y como se muestra a continuación:

Ecuación 5 Cálculo de tiempo medio entre fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de funcionamiento}}{\textit{N}^\circ \textit{ de fallos}}$$

De manera similar, Tabuyo (2015) sostiene que el MTBF se representa matemáticamente como el promedio de tiempo entre cada ocurrencia de fallo; es decir, se trata del tiempo promedio durante el cual un activo desempeña sus funciones, hasta que se produce un fallo y necesita repararse.

- Tiempo medio para reparaciones

Ahora, Fernández de la Calle (2020) define el MTTR como el tiempo de reestablecimiento promedio de un activo o elemento que ha sufrido una falla. Durante el tiempo que reestablecimiento el equipo se encuentra no activo para realizar sus funciones. A su vez, el MTTR puede representarse como la razón entre el tiempo total de inactividad y el número de fallos ocurridos, tal y como se muestra a continuación:

Ecuación 6 Cálculo de tiempo medio para reparaciones (MTTR)

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de inactividad}}{\textit{N}^\circ \textit{ de fallos}}$$

También, Tabuyo (2015) sostiene que el tiempo medio para reparaciones se define principalmente por el tiempo promedio que utiliza el personal responsable para poner en actividad al equipo o sistema parado a causa de un fallo.

2.3. Definición de términos básicos

Área de trabajo: Refiere al espacio y condiciones físicas que rodean las actividades operativas para efectuar una tarea (Sánchez, 2015, p.511)

Automatización: Es una de las características de los sistemas productivos para estandarizar las operaciones e incrementar la productividad, todo ello en base a una ejecución en menos tiempo (Sánchez, 2015, p.511)

Avería: Falla en el sistema que interrumpe las operaciones e indispone el equipo para incapacitarlo en su trabajo (Zegarra, 2016, p.32)

Confiabilidad: Probabilidad de que el sistema o equipo no presenta fallas y mantenga su operatividad de forma adecuada (Zegarra, 2016, p.33)

Daño: Modificación negativa en las condiciones, internas o externas, puede ser ocasionado de forma directa o indirecta (Sánchez, 2015, p.512).

Desperdicio: Todos aquellos elementos que ocasionan inconvenientes en el sistema y retrasan la producción mediante el deterioro de funciones, a partir de ello se reduce la productividad (Socconini, 2019, p.23).

Disponibilidad: Es la capacidad de los sistemas o máquinas para mantener sus actividades de manera constante y adecuada, dado que no se presenta averías (García, 201, p.152)

Eficiencia: La relación entre el logro de metas sobre los parámetros establecidos a través del uso de los recursos productivos (Sánchez, 2015, p.512)

Escala: Relación entre dimensiones en comparación con un parámetro real establecido según las normas (Iglesias, 2015, p307).

Esquema: Procesos que se siguen en una actividad productiva mediante la presentación gráfica de los pasos a seguir; ello permite una mejor comprensión de las operaciones (Iglesias, 2015, p.307).

FMEA: Son las siglas de la metodología del análisis modal de fallas y efectos, su análisis identifica los procesos más críticos que deben ser solucionados para disminuir el riesgo expresado en averías (Consuegra, 2015, p39).

Herramientas: Elementos que mediante las acciones del hombre facilitan el trabajo y permiten resolver problemas (Iglesias, 2015, p.307).

Incidencia: Número repetitivo de veces que sucede un evento que influye en el proceso de operaciones. (Consuegra, 2015, pg.45)

Máquina: Mecanismos en un sistema de funcionamiento que permiten desarrollar labores de producción con la transformación de una fuerza externa (Sánchez, 2015, p.512)

Mantenimiento: Trabajos destinados a mejorar las condiciones internas y externas de las máquinas a fin de alcanza un buen funcionamiento en las operaciones (Jiménez, 2018, p.74).

Manuales: Informes a través de un texto escrito donde se indican las características y condiciones de funcionamiento para una adecuada conservación (Janoudi, 2015, p.387)

Orden de trabajo: Formato escrito donde se detallan las operaciones de mantenimiento o reparación que una vez terminada debe ser archivada (Linares, 2018, p.173)

Productividad: Relación entre las salidas de un sistema respecto a los ingresos o consumo de recursos (Socconini, 2019, p.27)

Protocolo: Conjunto de reglas para guiar el proceso y obtener un adecuado funcionamiento, para la producción. (Medialdea y Corrales, 2017, p.240).

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1 Experiencia académica

Mi experiencia da inicio en el Instituto superior tecnológico Publico Carlos Cueto Fernandini como profesional técnico titulado en mecánica automotriz ocupando el tercio superior en el periodo 2004 – 2007, complete mi capacitación llevando cursos y seminarios en el instituto Benjamín Galecio matos y otros centros que me ayudaron a afianzar los conocimientos adquiridos en mecánica automotriz. Posteriormente, decidió llevar a cabo estudios superiores en la Universidad Privada del Norte la carrera de Ingeniería Industrial quedando como bachiller en Ingeniería Industrial en el periodo (2014-2017). Asimismo, he llevado cursos de especialización en lengua inglesa en la universidad católica sedes sapientiae 2017-2019, los cuales me permitieron abrirme campo en opciones laborales nuevas. Luego, como parte de mi formación continua decidí estudiar en la Universidad Nacional de Ingeniería el curso de Excel (2019) a nivel empresarial, el cual me permite analizar de una manera rápida y confiable bases de datos de las empresas.

3.2 Experiencia profesional

Después de mi proceso de formación académica asumí nuevos retos en las siguientes empresas:

- **WIGO MOTORS** - Analista de garantías periodo: 2019 – hasta la actualidad.
- **ALTOS ANDES SAC** - Analista de Soporte Postventa, periodo: 2016– 2019.
- **AUTOMÁTICOS Y MECÁNICOS SAC** - Inspector de control de calidad, periodo: 2012-2016.
- **KIA ALESE (AUTOFONDO)** - Técnico mecánico automotriz, periodo: 2011-2012.
- **AGUA CLEAR SAC** - Técnico de Mantenimiento - tratamiento de aguas, periodo: 2011.

- **DYC TRUCK DIESEL S.A.C** – Técnico Mecánico Automotriz, periodo: 2011.
- **LIDERCON PERU S.A.C** - Jefe de Línea, periodo: 2011.
- **NISSAN MAQUINARIAS SA** - Técnico Mecánico Automotriz, periodo: 2005-2007.

3.3. Experiencia en campo

Adquirí la capacidad para realizar mantenimientos del tipo preventivo, correctivo, proactivo y predictivo de los distintos sistemas de los vehículos automotrices mediante la experiencia adquirida lo largo de las empresas donde trabajé siguiendo las especificaciones técnicas de los fabricantes.

También cuento con las competencias para planificar, organizar y dirigir talleres automotrices manejando recursos humanos y financieros de acuerdo con el requerimiento de cada cliente para la mejora de los procesos de la empresa.

3.4 Selección de alternativa de solución

En primera instancia, para llevar a cabo la mejora planteada en este trabajo de suficiencia se tuvo que llevar a cabo la elección de alternativa de solución más adecuada, el cual es un proceso complejo, dado que el éxito depende en gran medida del uso adecuado de herramientas de gestión y para lograr un adecuado consenso se ha elegido el análisis jerárquico multicriterio (AHP) como mecanismo de análisis de información. En primer lugar, se mencionan las alternativas preseleccionadas para lograr un cambio positivo.

- **CBM:** Para Cuatrecasas (2022) el Mantenimiento Basado en Condiciones (CBM) adopta medidas para la gestión de actividades de conservación de características del equipo en base al medio de trabajo en donde opera; determina el mejor momento para los trabajos de mantenimiento para monitorizar la condición del tiempo real.

- RCM: En Campos et al. (2019) se define al mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) como una metodología eficaz para elaborar planes de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, entre otros. El objetivo principal de esta metodología es el desarrollo de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad y reducir los números de fallos.
- Lean Maintenance: Para Girón y Dederichs (2018) el enfoque esbelto desea la eliminación de desperdicios y la reducción de tiempos de espera en los trabajos de mantenimiento, dado que se orienta a la productividad de procesos para agilizar la gestión en base al diagnóstico de valor y la ausencia de fallos.
- TPM: De acuerdo con Suzuki (2017) el Mantenimiento Productivo Total es una técnica para trabajos proactivos a fin de maximizar la eficiencia de los equipos en un sistema de producción en base a la mejora de disponibilidad, calidad y efectividad.
- Ciclo de Deming: Para Deming (2018) el ciclo virtuoso de mejora continua busca un cambio sistemático en los procesos operativos para la constante identificación de puntos críticos para resolver problemas en base a planificar, hacer, verificar y actuar.

A partir de ello, el análisis realizado por el método AHP proporcionó la posibilidad de incorporar aspectos cualitativos o subjetivos en una calificación jerárquica para resolver un problema, visualizar cambios de niveles y sintetizar información; para ello se toma en cuenta una escala de preferencias, tal como menciona la siguiente tabla:

Tabla 6

Escala de preferencias para la selección de alternativas

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación
Extremadamente preferible	9
Entre Extremadamente preferible y Muy fuertemente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre Muy fuertemente preferible y Fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre Fuertemente preferible y Moderadamente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre Moderadamente preferible e Igualmente preferible	2
Igualmente, preferible	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla mencionada, se observa que existe una escala de preferencias a través de un planteamiento verbal sobre la jerarquización de las alternativas a tomar en cuenta, en tanto que el valor más alto corresponde a 9 con una preferencia extrema y el más bajo a 1 con valores de igualmente preferible entre una u otra metodología. Por otro lado, es importante conocer los criterios que van a ser evaluados dentro de la jerarquización en donde se mencionan la comparación de los aspectos a tomar en cuenta para la selección de la alternativa, dado que los puntajes se ponderan respecto a criterios como la medición de indicadores, la gestión del trabajo, la eliminación de errores y demoras, la calidad de procesos y facilidad de implementar.

Tabla 7
Comparación de criterios para la selección de alternativas

	Medir indicadores	Gestionar trabajo	Eliminar errores y demoras	Calidad de procesos	Facilidad de implementar	Matriz normalizada					Vector promedio
Medir indicadores	1	4.00	5.00	6.00	4.00	0.54	0.70	0.43	0.31	0.22	0.44
Gestionar trabajo	0.25	1	5.00	7.00	3.00	0.13	0.18	0.43	0.37	0.17	0.25
Facilidad de implementar	0.20	0.20	1	5.00	2.00	0.11	0.04	0.09	0.26	0.11	0.12
Calidad de procesos	0.17	0.14	0.20	1	8.00	0.09	0.03	0.02	0.05	0.44	0.13
Eliminar errores y demoras	0.25	0.33	0.50	0.13	1	0.13	0.06	0.04	0.01	0.06	0.06
SUMA	1.87	5.68	11.70	19.13	18.00						

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la comparación de criterios determinó que el factor con mayor importancia para generar impactos desde el objetivo de incrementar el mantenimiento, fue la medición de indicadores con un vector promedio de 0.44; en segundo lugar, se ubicó la gestión del trabajo como elemento clave para mejorar las acciones operativas en el mantenimiento, seguido por la facilidad de implementación. A partir de ello, se ha obtenido el vector promedio que será el valor ponderado para la comparación de alternativas; el detalle de cada análisis se presenta en el Anexo 9 y la información de resumen para la elección de la alternativa se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8
Elección de alternativa adecuada

Alternativas	Medir indicadores	Gestionar trabajo	Eliminar errores y demoras	Calidad de procesos	Facilidad de implementar	Total
CBM	0.18	0.20	0.19	0.23	0.19	0.19232
RCM	0.52	0.51	0.55	0.55	0.56	0.52511
Lean Maintenance	0.15	0.16	0.14	0.12	0.15	0.14980
TPM	0.10	0.09	0.09	0.07	0.07	0.09083
Ciclo de Deming	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04194
Ponderación	0.44	0.25	0.12	0.13	0.06	

Fuente: Elaboración propia

El análisis ponderado de jerarquización de alternativas aquí realizado, permitió determinar que la opción más adecuada para el cambio en las operaciones de mantenimiento se basa en la metodología RCM debido a que obtuvo un puntaje total de 0.52511 en la evaluación de combinada de su comparación con otras metodologías y los factores ponderados de análisis. En segundo lugar, se ubicó el mantenimiento basado en condiciones (0.19232) y en tercer lugar Lean Maintenance con 0.14980; por otro lado, las últimas ubicaciones corresponden a la metodología TPM y el ciclo de Deming con 0.09083 y 0.04194 puntos, respectivamente. Por lo tanto, la implementación de cambios será un reflejo de la aplicación de la metodología RCM para lograr un cambio positivo en la disponibilidad.

3.5 Análisis de la situación actual

Con relación al escenario previo a la aplicación de la metodología MCC, cabe señalar que fue necesario contar con un panorama general sobre los indicadores de las variables con las que se trabaja previo a la implementación de cualquier cambio que se vaya a realizar debido a que sobre este análisis se podrá tomar acciones correctivas. En ese sentido, en este apartado se va a mostrar el comportamiento de la variable dependiente e independiente dentro de los primeros seis meses de evaluación.

Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad(MCC) o RCM (por sus siglas en inglés) es una metodología ampliamente usada para elaborar planes de mantenimiento que se centran en aumentar la confiabilidad de los activos de una empresa, sobre todo de las que son industrializadas.

Tabla 9

Evolución del RCM previo

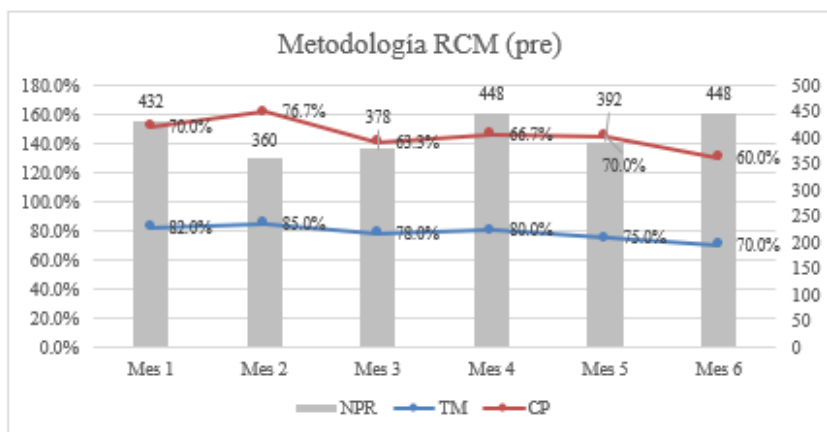
	Tareas de mantenimiento			Confiabilidad del proceso			Nivel de Prioridad de Riesgo			
	Tareas cumplidas	Tareas programadas	TM	Inspecciones Hoja RCM	Inspec. Program.	CP	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Mes 1	82	100	82.0%	21	30	70.0%	6.0	8.0	9.0	432
Mes 2	85	100	85.0%	23	30	76.7%	5.0	9.0	8.0	360
Mes 3	78	100	78.0%	19	30	63.3%	6.0	7.0	9.0	378
Mes 4	80	100	80.0%	20	30	66.7%	7.0	8.0	8.0	448
Mes 5	75	100	75.0%	21	30	70.0%	8.0	7.0	7.0	392
Mes 6	70	100	70.0%	18	30	60.0%	7.0	8.0	8.0	448

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa la evolución de una serie de indicadores del RCM previo a su implementación, donde se muestra que, en el caso de las tareas de mantenimiento, en cada mes se programó un total de 100 tareas que no fueron cumplidas en su totalidad, ya que el indicador de tareas cumplidas tuvo una tendencia a disminuir, se muestra que el primer mes solo se completaron 82 tareas y al sexto mes, disminuyó en 70. Respecto a la confiabilidad del proceso, se observa que se programaron 30 inspecciones, de las cuales no todas se llevaron a cabo, lo cual se observa en la hoja RCM de inspecciones que arrojó que al primer mes solo se realizaron 21 tareas y al último mes, 18. Por último, el indicador nivel de prioridad de riesgo (NPR) muestra que la severidad, la ocurrencia y la detección tuvieron una tendencia a aumentar en el lapso de los primeros seis meses.

Figura 11

Evolución del RCM en el escenario previo



Fuente: Elaboración propia

El indicador de tareas de mantenimiento tuvo una tendencia a disminuir, así pues, se muestra que al primer mes empezó en 82% y culminó en un 70% al sexto mes. De igual manera, el indicador que mide la confiabilidad del proceso mostró una tendencia a disminuir, ya que el primer mes empezó en un 70% y finalizó en un 60% al sexto mes. Respecto al indicador nivel de prioridad de riesgo se puede decir que los puntajes arrojaron un alto nivel de riesgo, ya que al primer mes obtuvo un nivel de riesgo de 432, mientras que al sexto mes un puntaje de 448. A partir de ello, se puede decir que la disponibilidad de los vehículos de la empresa era baja.

Variable dependiente: Disponibilidad operativa

La disponibilidad se define como un indicador que evalúa el tiempo que un equipo se encuentra operativo en un periodo de tiempo determinado. En ese sentido, este indicador permite conocer el desempeño que tienen los equipos de una empresa, así como la eficacia de la gestión de mantenimiento que se lleva a cabo dentro de la industria.

Tabla 10

evolución previo

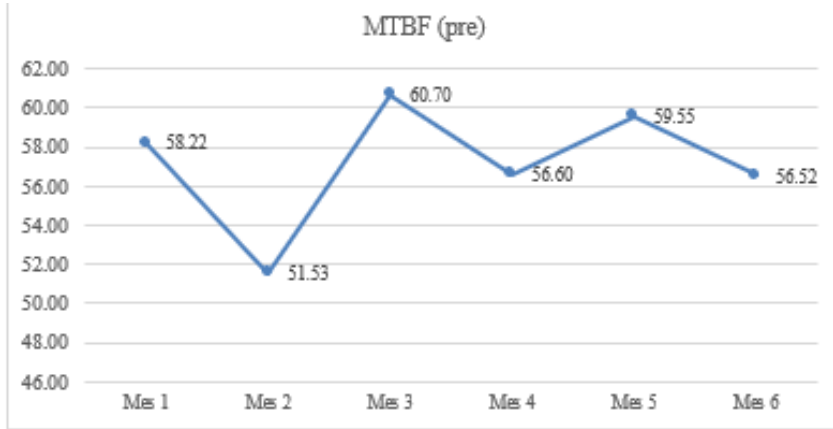
	Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparaciones			Disponibilidad
	Horas de operación	Nº fallas	MTBF	Horas de mantt.	Nº fallas	MTTR	
Mes 1	6550.0	113	58.22	650.0	113	5.78	91.0%
Mes 2	6570.0	128	51.53	630.0	128	4.94	91.3%
Mes 3	6525.0	108	60.70	675.0	108	6.28	90.6%
Mes 4	6580.0	116	56.60	620.0	116	5.33	91.4%
Mes 5	6550.0	110	59.55	650.0	110	5.91	91.0%
Mes 6	6500.0	115	56.52	700.0	115	6.09	90.3%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa un análisis de la disponibilidad operativa de los equipos, donde se obtuvo que el número de fallas tuvo una tendencia a aumentar ya que al primer mes se obtuvo un total de 113 y al último mes, 115. Por otro lado, el indicador tiempo medio entre fallas (MTBF) arrojó que las horas de operación a lo largo de los primeros seis meses no varió mucho, ya que al primer mes se obtuvo un total de 6550 horas y al sexto mes, un total de 6500. Así mismo, el tiempo medio para reparaciones (MTTR) mostró que las horas de mantenimiento tuvieron una tendencia a aumentar, ya que al primer mes se obtuvo un promedio de 650 horas que culminó en 700, lo cual indica que, debido a los largos periodos de reparaciones, el nivel de disponibilidad de los equipos disminuía.

Figura 12

Evolución del tiempo medio entre fallas previo (expresado en horas)

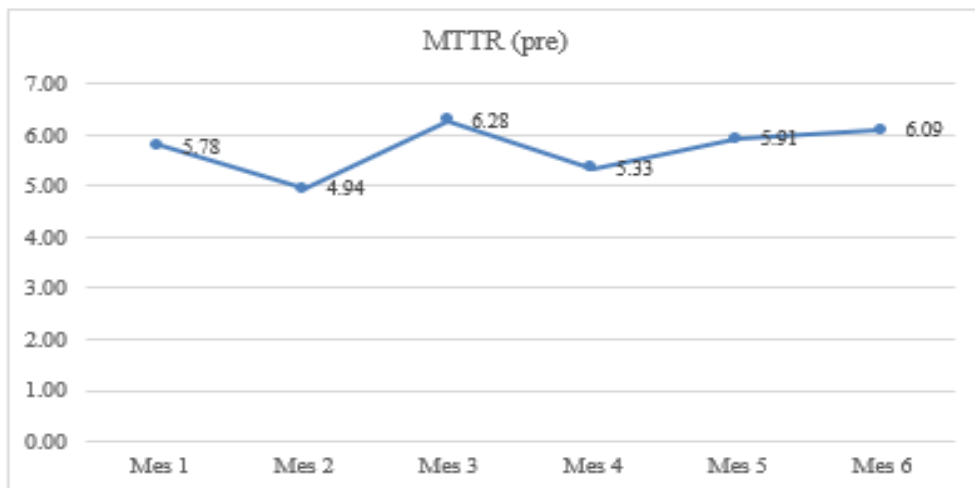


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa la evolución del indicador tiempo medio entre fallas (MTBF) en un lapso de seis meses, previo a la implementación del RCM, donde en el primer mes arrojó un promedio de 58.22 horas entre una falla y otra, al siguiente mes obtuvo un 51.53, al tercer mes fue de 60.70 horas, disminuyó en 56.60 al cuarto mes, y finalizó en 56.22 horas. A partir de lo cual se puede decir que este indicador tuvo una tendencia a aumentar, lo cual indica que el tiempo entre una falla y otra cada vez se hacía más corto, lo cual da paso a que los equipos pasen mayor tiempo en mantenimiento.

Figura 13

Evolución del tiempo medio para reparaciones previo (expresado en horas)

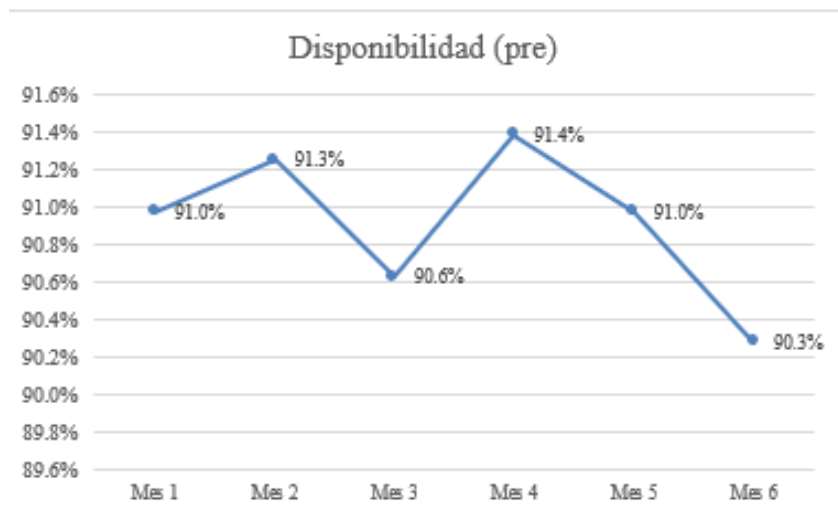


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa la evolución del indicador MTTR, previo a la implementación del RCM, donde el primer mes obtuvo un promedio de 5.78 horas, al segundo mes 4.94, al tercer mes 6.28, al cuarto mes 5.33, al quinto mes 5.91 y al sexto mes un promedio de 6.09 horas. A partir de estos puntajes, se puede concluir que el indicador tuvo una tendencia a aumentar en un lapso de seis meses.

Figura 14

Evolución de la disponibilidad previa



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que en el rango de seis meses la disponibilidad el primer mes arrojó un porcentaje del 91%, al segundo aumentó en 91.3%, al tercero disminuyó en 90.6%, al cuarto aumento en 91.4% y luego fue disminuyendo en 91% al quinto mes y al 90.3% al sexto mes. A partir de ello se puede decir que la disponibilidad tuvo una tendencia a disminuir, lo cual indica que la gestión de mantenimiento no resultaba ser eficiente.

3.6 Planificación de la implementación

Como parte de una aplicación exitosa, a cargo del implementador, fue necesaria realizar la planificación de dicha implementación por un lapso de seis meses, la cual constó de cinco fases, empezando por la fase de gestión del área, donde se realizaron actividades como la de limpieza general que duró nueve semanas y se llevó a cabo la segunda semana de cada mes; actividades de orden, cada tercera semana a partir del segundo mes; actividades de clasificación de herramientas y repuestos que se realizó todo el mes M2 y las dos semanas del mes M3 y; actividades de gestión visual, que se llevaron a cabo las últimas dos semanas del mes M3 y todo el mes M4.

En la fase de capacitación, se llevaron a cabo seis charlas, las cuales tuvieron una duración de cuatro semanas y se realizaron cuatro veces al mes. Así mismo, en la fase de análisis modal de fallas y efectos, se realizaron actividades de recolección de datos por un periodo de ocho semanas, lo cual se llevó a cabo los dos primeros meses; el análisis de fallas que duró cuatro semanas; el análisis de severidad que duró dos semanas; el análisis de ocurrencia que se llevó a cabo por 4 semanas y; el análisis de dificultad de detección, lo cual tomó tres semanas del mes M4.

La fase de análisis RCM incluyó actividades como la elaboración del diagrama de operaciones del proceso, lo cual duró cuatro semanas; el diagrama de análisis del proceso que duró ocho semanas; la elaboración de procedimientos de trabajo que tuvo una duración de siete semanas y; la hoja de decisión RCM que duró un lapso de cinco semanas. Para finalizar, se realizó una fase de controles que constaba con actividades como la supervisión a través de

formatos que se realizó por nueve semanas; el sistema de control que duró 9 semanas y la programación de auditorías que se realizó por ocho semanas y; la mejora continua que se realizó las últimas tres semanas.

3.7 Desarrollo de la implementación

Fase 1: Gestión del área de trabajo

El desarrollo de los cambios inició con la gestión del área de trabajo dado que se requiere contar con un espacio adecuado para la menor cantidad de desperdicios y el tránsito rápido de los trabajadores; en este sentido, se han desarrollado los siguientes formatos.

Figura 15

Formulario de limpieza y orden en el área



FORMULARIO DE CONTROL DE LIMPIEZA CENTRAL

TAREAS DE LIMPIEZA REALIZADAS EN EL MES DE: _____

PERIODO (DÍAS): DESDE _____ HASTA _____

ITEM	UBICACION	LABOR O T AREA	CONTROL	FRECUENCIA	NOTAS U OBSERVACIONES
1	TALLER	Desalojo de basura de tachos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
2		Limpieza de mesas de trabajo		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
3		Limpieza de herramientas		según necesidad	de lunes a viernes a partir de las 17h30
4		Barrido de pisos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
5		Trapear pisos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
6		Limpieza anaqueles		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
7		Limpieza de insumos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
8		Limpieza maquinas		según necesidad	de lunes a viernes a partir de las 17h30
9		Desempolvar sillas y mesas		semanal	de lunes a viernes a partir de las 17h30
10		Desempolvar		semanal	de lunes a viernes a partir de las 17h30
11		Retiro de telarañas en área de oficina		quinccenal	Fin de semana
12		Limpieza de rejillas del aire acondicionado		quinccenal	Fin de semana
13		Limpieza ventanales fachada exterior		semestral	Fin de semana
14		Revisión de condiciones y presentación		permanentemente	Técnicos y Supervisores
15		Lavado de paneles		según necesidad	Fin de semana
16	BAÑOS	Desalojo de basura de tachos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
17		Limpieza y desinfectada de inodoros		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
18		Limpieza y desinfectada de lavabos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
19		Barrer pisos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
20		Trapear y desinfectar pisos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
21		Limpieza de espejos de baños		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
22		Limpieza de grifería		según necesidad	de lunes a viernes a partir de las 17h30
23	Retiro de telarañas		quinccenal	Fin de semana	
24	PATIO	Recoger basura		diario	de lunes a viernes a partir de las 7h30
25		barrer patio		2 veces por semana	de lunes a viernes a partir de las 7h30
26		baldear patio		semanal	de lunes a viernes a partir de las 7h30
NOVEDADES, NOTAS U OBSERVACIONES REALIZADAS EN EL MES:					

POR JEFE SEDE

NOMBRE: _____

POR JEFE CENTRAL DE CONTROL.:

NOMBRE: _____


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa el formulario de control de limpieza central, el cual se compone por una lista de actividades que se deben llevar a cabo en distintas ubicaciones de la empresa como el taller, los baños y el patio; así mismo, estas labores tienen una frecuencia

establecida que puede ser diaria, según la necesidad, semanal, quincenal, semestral, de manera permanente o dos veces por semanas. Algunas notas sobre las actividades se pueden referir a la duración de la tarea que pueden ser de lunes a viernes o fines de semanas o; a los operarios que deben ejecutar dicha actividad como técnicos y supervisores. Adicionalmente, la persona que lo llene tiene un espacio en la ficha para anotar cualquier novedad u observación que encuentre.

Figura 16

Elementos encontrados en limpieza general



Fecha: ___/___/2022

ELEMENTOS ENCONTRADOS

Nº	Descripción del artículo	Lugar donde se encontró	Necesario	Innecesario	Decisión
1	Cintas adhesivas	Oficina	X		Reubicarlo
2	Lijas usadas	Taller		X	Desecharlo
3	Retazos de cintas	Almacén		X	Desecharlo
4	Bujías usadas	Taller		X	Desecharlo
5	Recipiente de aceite vacío	Taller		X	Reubicarlo
6	Cajas de repuestos vacías	Taller, almacén		X	Reubicarlo
7	Latas de grasa usadas	Taller	X		Reubicarlo
8	Recipientes con aceite	Taller, laboratorio		X	Desecharlo
9	Artículos de limpieza	Taller	X		Reubicarlo
10	Uniformes viejos	Taller, Vestuarios		X	Desecharlo
11	Autopartes deterioradas	Taller		X	Desecharlo
12	Mobiliario en desuso	Taller, laboratorio		X	Desecharlo
13	Elementos ajenos al giro	Taller, almacén, tienda		X	Reubicarlo
14	Pósteres publicitarios	Taller, oficina		X	Desecharlo
15	Maquinaria en desuso	Taller		X	Desecharlo

Elaborado por:
 Leoncio

 Firma

Fuente: Elaboración propia

Se observa la ficha de elementos encontrados en limpieza general, la cual describe una serie de artículos como cintas adhesivas, lijas usadas, retazos de cintas, entre otros; donde se debe anotar el lugar en el cual se encontró que puede ser la oficina, el taller, el almacén, el laboratorio, el vestuario o la tienda. Además, se debe marcar con una X para establecer si el

objeto es necesario o innecesario la ficha con el propósito de decidir el destino del artículo, el cual puede ser reubicado o desechado.

Tabla 12

Formato de control de auditoria



Taller	Auditado por:	
___/___/2022	LEONCIO	
Formato de Auditoria de orden en el área		
Eliminar lo necesario	Si	No
Accesorios y herramientas en el área		
Manual obsoleto en exceso ha sido reparado o eliminado		
Etiquetas rojas en el área son correctamente utilizadas		
No se encuentran artículos innecesarios en el área de trabajo		
Organizar el área	Si	No
Equipos e insumos bien ubicados		
Ubicaciones claramente identificadas		
El material defectuoso está bien etiquetado		
Comunicación visual establecida		
Limpiar y resolver	Si	No
Pisos y superficie de trabajo limpia		
Desperdicios y basura reciclable en su lugar		
Ambiente de trabajo bueno		
Pocos problemas, puntuales y fácil de resolver		
Identificar y resolver riesgos	Si	No
Hojas con datos de seguridad de los materiales		
Extintores y elementos de seguridad funcionando		
Entrenamiento en labores RCP		
Pocas condiciones de inseguridad fácil del resolver		
Quien realiza las actividades	Si	No
El trabajo estándar esta publicado		
Procedimientos para la limpieza y seguridad publicados		
Correcto control de documentación		
Reuniones semanales		
Autodisciplina	Si	No
La publicación del trabajo es seguida		
Los procedimientos se cumplen		
Las mediciones publicadas son actuales		
Tableros de información bien utilizados		
Área de trabajo limpia y bien cuidada		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa el formato de control de auditoría, donde se describe una serie de acciones con la finalidad de conocer si se han realizado o no mediante según la X que marquen en el recuadro de Sí o No. Adicionalmente, esta ficha cuenta con una sección donde se puede colocar el área donde se realiza la inspección, el nombre de la persona que lo lleva a cabo y la fecha en que se ejecuta.

Tabla 13

Evidencia del cambio de escenarios en la gestión del área

Antes	Después
	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se muestran dos escenarios con imágenes del antes y después de la implementación de la gestión de mantenimiento, lo cual significó una serie de cambios para la empresa. En ese sentido, se observa que en la primera imagen se tenía un ambiente sin señalizaciones, sucio, desorganizado y con poco espacio; mientras que en la imagen de la


derecha se vislumbran espacios más amplios donde se puede revisar los autos y, un ambiente más ordenado y limpio.

Fase 2: Capacitaciones

El segundo paso corresponde a la capacitación del personal técnico del mantenimiento, dado que a través de mayor conocimiento se puede reparar o mejorar las condiciones de las piezas y de vehículos en general; a partir de este objetivo se desarrollaron los siguientes formatos.

Tabla 14

Programa de capacitaciones

		FORMATO PROGRAMACIÓN DE CAPACITACIÓN				FS_P29_SA			
						Versión 1	Página 1 del	Clasificación de la Información: PRIVADA	
QUIEN ELABORO		LEONCIO				VIGENCIA	2022		
PLANIFICACIÓN						REPORTE - SEGUIMIENTO			
Nº	Población Objetivo	Temática	Contenido	Duración	Periodicidad	Numero de personas capacitadas	Fecha medición de eficacia	Observaciones	
1	Todos los trabajadores	Mantenimiento preventivo	Proceso de gestión para los trabajos preventivos en vehículos	20 min	Semanal	15	Fin de mes		
2	Todos los trabajadores	Mantenimiento correctivo	Proceso de gestión para los trabajos correctivos en vehículos	20 min	Semanal	15	Fin de mes		
3	Todos los trabajadores	Identificación de fallos	Cómo identificar los fallos más importantes y de impacto	20 min	Semanal	15	Fin de mes		
4	Todos los trabajadores	Modos de fallos	Conocer los mecanismos de fallos, averías y detenciones	20 min	Semanal	15	Fin de mes		
5	Todos los trabajadores	Consecuencias de fallos	¿Qué ocasionan los fallos en cada vehículo?	20 min	Quincenal	15	Fin de mes		
6	Todos los trabajadores	Problemas más comunes	Las deficiencias más frecuentes atendidas en vehículos ligeros	20 min	Semanal	15	Fin de mes		
7	Todos los trabajadores	Gestión del mantenimiento	Pasos a seguir para el proceso de mantenimiento de vehículos	20 min	Quincenal	15	Fin de mes		
8	Todos los trabajadores	Pasos RCM	De qué manera implementar el mantenimiento RCM	20 min	Mensual	15	Fin de implementación		
9	Todos los trabajadores	Análisis MTBF	Conocer la importancia del tiempo medio entre fallos	20 min	Mensual	15	Fin de implementación		
10	Todos los trabajadores	Análisis MTTR	Evaluar el tiempo medio para reparaciones en vehículos	20 min	Mensual	15	Fin de implementación		
11	Todos los trabajadores	Disponibilidad operativa	Beneficios de la alta disponibilidad para el cliente	20 min	Mensual	15	Fin de implementación		
12	Todos los trabajadores	Trabajo en equipo	Mecanismos para un trabajo estandarizado y organizado	20 min	Mensual	15	Fin de implementación		

Fuente: Elaboración propia

En la primera sección se observa el número de sesiones con las que va a contar el programa que en esta oportunidad fue de 12 sesiones, de las cuales se describe su población objetivo que en este caso fueron todos los trabajadores de la empresa; así mismo, muestra la temática y los contenidos que se va a desarrollar en la sesión, la duración de cada sesión y la periodicidad. Respecto a la segunda sección, se indica la cantidad de personas que fueron capacitadas, las cuales fueron 15 en esta ocasión, y la fecha en la que se va a evaluar la eficacia de la capacitación; así como un recuadro donde se puede dejar indicado cualquier observación por parte de quien realizó el formato.

Tabla 15

Programa de capacitaciones

Área: Mantenimiento		Evaluado por:	
Fecha: __/__/2022		Leoncio	
Evaluación de capacitación			
Nº	Pregunta	Si	No
1	Ha entendido el mensaje		
2	Se ha utilizado las mejores palabras posibles		
3	Puede decir algunas cosas sobre la capacitación		
4	El sistema empleado ayuda a diferenciar procesos		
5	El sistema ayuda a establecer diferencias		
6	Ha considerado participar durante la charla		
7	Cree usted que el plan tendrá éxito en la empresa		
8	El tema ha sido el más adecuado para su área		
9	Tiene grandes dudas luego de la capacitación		
10	Es posible identificar beneficios por la implementación		
11	Identifica cambios para mejorar en su área		
12	Se actualizan de manera oportuna los datos de procesos		
13	El ritmo y frecuencia de acciones es el correcto		
14	Las responsabilidades son señaladas de manera clara		
15	El proceso de flujo de procesos es importante		
16	Una persona nueva podría adaptarse a las secuencias		
17	Una persona nueva podría llenar las formas correctamente		
18	El personal tiene conocimiento del plan actual		
19	Los recursos están disponibles para su uso		
20	Los participantes saben que pueden aportar nuevas ideas		

Fuente: Elaboración propia

En este caso es una evaluación para el área de mantenimiento, la cual se realiza a través de un cuestionario anónimo que consta de 20 enunciados que tiene doble opción de respuesta: Si y No. En ese sentido, a partir de los resultados que arrojen estas pruebas la empresa espera conocer qué tanto han servido las capacitaciones que se han planificado y llevado a cabo.

Figura 17

Evidencia de capacitaciones



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se muestra cómo se llevó a cabo una capacitación dirigida a los trabajadores, en uno de los ambientes de la compañía, donde se les enseñó el proceso de gestión para los trabajos correctivos en vehículos; así mismo, se les mostró la manera correcta en la que deben llenar los formatos relacionados con este proceso de mantenimiento correctivo. Cabe decir que la sesión estuvo abierta al diálogo, ya que los trabajadores podían hacer preguntas y sugerir sus ideas en medio de la capacitación.

Fase 3: Análisis modal de fallas y efectos

El análisis modal de fallas y efectos permite conocer cuáles son los elementos que generan más impacto en la disponibilidad, en tanto que se han identificado los tipos de fallas que sufren los vehículos y mediante la evaluación de la frecuencia, gravedad y dificultad de detección fue posible determinar el número de prioridad de riesgo. En primer lugar, se menciona la frecuencia de fallas en la siguiente tabla.

Tabla 16

Análisis de frecuencia de fallos

Nº	Tipo de fallas	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Total	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Motor y transmisión	19	23	19	23	22	25	131	19.0%	19%
2	Neumáticos	16	23	17	21	17	17	111	16.1%	35%
3	Fugas en línea de combustible	15	20	15	20	16	16	102	14.8%	50%
4	Pastillas y Zapatas	15	15	14	11	15	17	87	12.6%	62%
5	Sistema de enfriamiento	8	9	7	6	7	8	45	6.5%	69%
6	Disco de freno	7	8	6	7	6	7	41	5.9%	75%
7	Limpieza de obturador	6	7	5	4	5	6	33	4.8%	80%
8	Sistema de escape	5	4	6	5	4	5	29	4.2%	84%
9	Fallas de dirección	5	6	4	3	4	5	27	3.9%	88%
10	Batería	5	4	5	3	4	3	24	3.5%	91%
11	Filtro de aire	4	3	4	5	3	2	21	3.0%	94%
12	Bujías convencionales	4	2	3	2	3	1	15	2.2%	97%
13	Amortiguadores - resortes	2	2	1	3	2	1	11	1.6%	98%
14	Pedales de freno	1	1	1	2	1	1	7	1.0%	99%
15	Faros y luces	1	1	1	1	1	1	6	0.9%	100%
	Total	113	128	108	116	110	115	690		

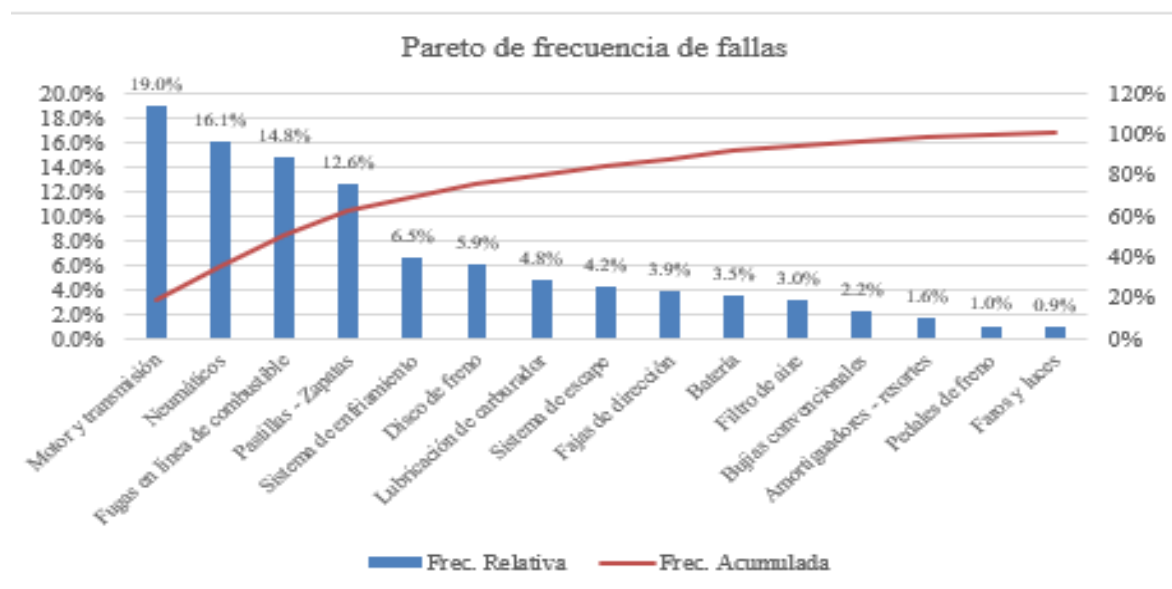
Fuente: Elaboración propia

Se observa el análisis de frecuencia durante seis meses, donde se muestra que las fallas más comunes fueron las relacionadas con el motor y transmisión que obtuvo el puntaje más alto con 131 y una frecuencia relativa del 19%; las averías en neumáticos que obtuvo un total de 111

con una frecuencia relativa de 16,1%; seguido de las fugas en línea de combustible, las cuales arrojaron un total de 102 con una frecuencia relativa de 12.6% y; por último, las incidencias de las pastillas-zapatatas que dejaron un total de 87 con una frecuencia relativa de 14,8%. Los otros tipos de fallas no alcanzaron el puntaje necesario para ser considerados como fallas frecuentes.

Figura 18

Diagrama de Pareto de frecuencia de fallos



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa el diagrama de Pareto de frecuencia de fallos, donde se muestra que el punto de corte de la frecuencia acumulada con la frecuencia relativa se da a partir de la falla denominada pastillas-zapatatas, por lo cual se puede decir que las fallas más frecuentes en la empresa son las que involucran una avería con en el motor y transmisión, neumáticos, fugas en línea de combustible, pastillas y zapatas.

A partir de los datos mencionados anteriormente, se procede con el análisis del número de prioridad de riesgo, en donde se considera la gravedad, frecuencia y dificultad de detección de cada tipo de falla de forma ponderada a fin de un análisis más certero.

Tabla 17

Análisis del nivel de prioridad de riesgo de fallos

N ^o	Tipo de fallas	Gravedad	Frecuencia	Dificultad de detección	NPR	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Motor y transmisión	7	9	5	315	22.2%	22.2%
2	Fugas en línea de combustible	7	7	6	294	20.7%	42.9%
3	Pastillas - Zapatas	7	6	6	252	17.7%	60.6%
4	Neumáticos	6	8	5	240	16.9%	77.5%
5	Sistema de enfriamiento	4	5	3	60	4.2%	81.7%
6	Disco de freno	5	5	2	50	3.5%	85.2%
7	Limpieza de carburador	3	4	4	48	3.4%	88.6%
8	Sistema de escape	4	4	3	48	3.4%	92.0%
9	Fallas de dirección	3	4	3	36	2.5%	94.5%
10	Batería	4	3	2	24	1.7%	96.2%
11	Filtro de aire	2	3	3	18	1.3%	97.5%
12	Bujías convencionales	3	3	2	18	1.3%	98.7%
13	Amortiguadores - resortes	3	2	2	12	0.8%	99.6%
14	Pedales de freno	2	1	2	4	0.3%	99.9%
15	Faros y luces	1	1	2	2	0.1%	100.0%

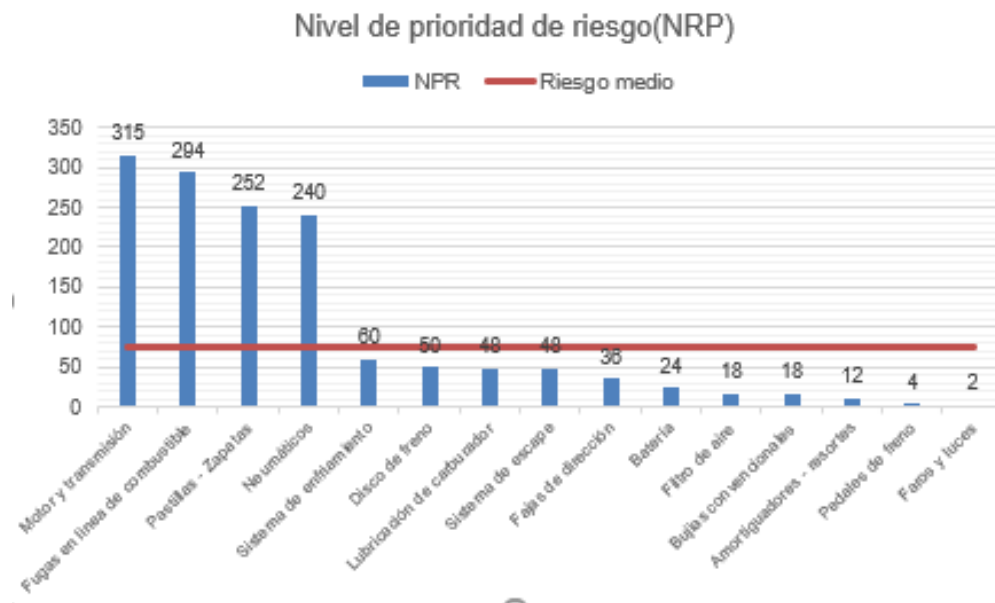
Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa el análisis del nivel de prioridad de riesgo de las fallas mediante la gravedad, la frecuencia y la dificultad de detección del indicador, el cual muestra que las fallas de motor y transmisión obtuvo un NPR de 315, lo cual ubica esta avería en un nivel de riesgo muy alto; así mismo, el mismo nivel de riesgo tienen las fugas en línea de combustible (NPR=294), las pastillas y zapatas (NPR=252) y los neumáticos (NPR=240); por lo cual resultó necesario desarrollar acciones a corto plazo con el fin de darle prioridad. Por otro lado, las fallas

relacionadas con el disco de freno, limpieza de obturador, sistema de escape y fallas de dirección, arrojaron un NPR dentro del intervalo de 28 y 75, lo cual indica que estas fallas corresponden a un nivel de riesgo medio; razón por la cual solo se recomendó aplicar acciones a mediano plazo. Por último, las fallas de batería, filtro de aire, bujías convencionales, amortiguadores-resortes, pedales de freno y, faros y luces, obtuvieron puntajes menores a 28, lo cual indica que son fallas de riesgo bajo y no es necesario aplicar acciones para reducir el riesgo ya que son aceptados.

Figura 19

Diagrama del nivel de prioridad de riesgo de fallos



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que existen 4 tipos de fallas que se encuentran por encima de la recta de riesgo medio aceptado por la empresa y las operaciones, es decir, los problemas relacionados al motor y transmisión, fugas de línea de combustible, pastillas y zapatas y neumáticos han sido los más críticos según la evaluación AMEF. Por lo tanto, las acciones de

mejora y el mantenimiento preventivo deben orientarse a resolver dichos inconvenientes. A partir de los datos mencionados por el número de prioridad de riesgo, se ha desarrollado una ficha AMEF para plantear cambios en el mantenimiento y ello se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 18
Ficha AMEF

		FICHA AMEF										Código:		
Empresa		Denominación producto:					Preparado por:							
Sede		Referencia/s:					Revisado por:							
Descripción de la falla	Efecto/s potencial/es del fallo	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acción(es) recomendada(s)	Persona(s) responsable(s)	Resultado de las acciones				
										Frecuencia de trabajo	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Motor y transmisión	Detención del equipo y averías a largo plazo	7	Mal uso o desgaste	9	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	5	315	Cambio de piezas defectuosas	Leoncio	Semanal	3	3	4	36
Fugas en línea de combustible	Exceso de gasto de combustible	7	Uso de insumos de mala calidad	7	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	6	294	Mantenimiento preventivo	Leoncio	Semanal	3	3	4	36
Pastillas y Zapatas	Problemas de freno y causa de accidentes	7	Falta de mantenimiento	6	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	6	252	Revisión semanal del sistema	Leoncio	Semanal	3	3	3	27
Neumáticos	Detención del equipo y cambio en momento	6	Condiciones, accidentes, calidad	8	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	5	240	Cambio de piezas por mejor calidad	Leoncio	Semanal	3	4	2	24
Sistema de enfriamiento	Problemas futuros en el sistema eléctrico	4	Deficiente mantenimiento	5	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	3	60	Mantenimiento preventivo	Leoncio	Quincenal	2	3	3	18
Disco de freno	Problemas de freno y causa de accidentes	5	Mal uso o desgaste	5	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	2	50	Revisar quincenal de sistema	Leoncio	Quincenal	2	2	4	16

Limpieza de obturador	Detención del equipo y averías a largo plazo	3	Uso de insumos de mala calidad	4	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	4	48	Limpieza	Leoncio	Quincenal	2	2	3	12
Sistema de escape	Exceso de contaminación y fallas	4	Deficiente detección del problema	4	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	3	48	Mantenimiento preventivo	Leoncio	Mensual	2	2	3	12
Fallas de dirección	Problemas de alineación y timón	3	Falta de mantenimiento	4	Revisión según kilometraje o a pedido del cliente	3	36	Revisión del sistema	Leoncio	Mensual	2	2	2	8
Batería	Desgaste excesivo y nueva compra	4	Mal uso o desgaste	3	Mantenimiento Correctivo en caso se presente	2	24	Mantenimiento Correctivo	Leoncio	Cada 2 meses	2	2	2	8
Filtro de aire	Problemas futuros en el sistema eléctrico	2	Problemas de calidad en piezas	3	Mantenimiento Correctivo en caso se presente	3	18	Mantenimiento Correctivo	Leoncio	Cada 2 meses	1	2	2	4
Bujías convencionales	Genera problemas en motor y carburador	3	Problemas de calidad en piezas	3	Mantenimiento Correctivo en caso se presente	2	18	Mantenimiento Correctivo	Leoncio	Cada 2 meses	2	2	1	4
Amortiguadores - resortes	Desgaste de piezas y falta de equilibrio	3	Condiciones del ambiente	2	Mantenimiento Correctivo en caso se presente	2	12	Mantenimiento Correctivo	Leoncio	Cada 2 meses	1	2	1	2
Pedales de freno	Problemas de freno y causa de accidentes	2	Mal uso	1	Mantenimiento Correctivo en caso se presente	2	4	Mantenimiento Correctivo	Leoncio	Cada 2 meses	1	1	2	2
Faros y luces	Dificultad de visión	1	Accidente o desgaste	1	Mantenimiento Correctivo en caso se presente	2	2	Mantenimiento Correctivo	Leoncio	Cada 2 meses	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa la ficha AMEF (análisis modal de fallas y efectos), la cual analiza una serie de tipos de fallas como la de motor y transmisión que ocurre por un mal uso o desgaste del equipo, lo cual tiene un efecto potencial de averías a largo plazo y la detención de la máquina; razón por la cual se recomendó cambios de las piezas defectuosas que posteriormente tuvo un efecto en el NPR pues cambió de 315 a 36, es decir, pasó de un nivel de riesgo muy alto a un nivel de riesgo medio.

Respecto a las fugas en línea se observa que esto ocurre debido al uso de insumos de mala calidad que puede traer consigo un exceso en el gasto de combustible; en consiguiente, se sugirió acciones de mantenimiento preventivo que generaron un cambio en el NPR luego de la implementación de estas acciones, ya que el NPR pasó de 294 a 36, es decir, cambió de un nivel muy alto a un nivel medio de riesgo. Por otro lado, en el caso de las pastillas-zapatillas, esta falla ocurre por una falta de mantenimiento que puede ocasionar problemas en los frenos y causar accidentes; por tanto, se recomendó una revisión semanal del sistema, con lo que se consiguió que el NPR disminuya a 27, es decir a un nivel bajo de riesgo.

En cuanto a la falla de neumáticos ocurre que, por las condiciones y la calidad del equipo, existe la posibilidad de que máquina a futuro se detenga; por lo tanto, se recomendó el cambio de piezas por otras de mejor calidad, de esa manera el indicador NPR pasó de 240 a 24, es decir, finalizó con un nivel de riesgo bajo. Así mismo, sobre estos cuatro tipos de fallas que representan un nivel de riesgo muy alto y por ende, requieren de acciones inmediatas, la frecuencia de trabajo que se le asignó fue semanal.

Por otro lado, para los tipos de fallas que tenían un nivel medio de riesgo tales como el sistema de enfriamiento, el disco de freno, la limpieza de obturador, el sistema de escape y las fallas de dirección, se estableció una serie de acciones destinadas a cambios el indicador NPR, siendo así que se recomendó un mantenimiento preventivo, una revisión quincenal del sistema, una limpieza y cambio de aceite, mantenimiento de prevención y una revisión del sistema, respectivamente; lo cual permitió que luego de aplicar estos cambios el nivel de riesgo pasara a uno bajo.

Por último, respecto a las fallas que solo representaban un nivel de riesgo bajo, se recomendó un mantenimiento correctivo cada dos meses, lo cual incidió en el descenso del indicador NPR

Figura 20

Evidencia del análisis modal de fallas y efectos



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa a dos trabajadores de la empresa manipular una serie de equipos y elementos del establecimiento con el objetivo de evaluar las fallas más frecuentes que se presentan en el taller, para lo cual como se vislumbra en la imagen, se requirió de un trabajo en conjunto de algunos operarios. De esta manera, a través de la experiencia de los trabajadores y los conocimientos que adquirieron en las capacitaciones, fueron capaces de realizar un análisis oportuno.

Fase 4: Metodología RCM

La metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad proporciona lineamientos para la gestión de los trabajos en el área, dado que orienta las acciones en búsqueda de mejorar la confiabilidad de los equipos y del proceso.

Se explica el procedimiento para el mantenimiento de vehículos, donde se describe el objetivo, el cual fue determinar una metodología para el desarrollo de las actividades en el programa RCM; la meta que menciona se requiere tener al total de los trabajadores capacitados para las actividades de mejora; el alcance que indica a quienes se dirige el programa; el material a consultar que refiere al proporcionado por proveedores, flujogramas de trabajo estandarizado, evaluaciones de desempeño, entre otros; responsabilidad, es decir, personas que se encarguen de asegurar el cumplimiento del plan de acción y de las capacitaciones; los recursos, tanto humanos como materiales y; por último, el temario.

Para lograr cambios significativos en la disponibilidad se han desarrollado los siguientes formatos.

Tabla 19

Hoja de decisión RCM

Hoja de decisiones RCM											Area: Mantenimiento					
											Equipos: Vehículos					
Vehículo	Referencias de información			Evaluación de Consecuencias				Acción a falta de						Tarea Propuesta	Intervalo Inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
	FB	FM	FA	H	S	N	O	O1	O2	O3	H1	H2	H3			
V1		X		X											1S	Leoncio
V2			X	X			X								5D	Leoncio
V3		X		X											1S	Leoncio
V4		X		X											4D	Leoncio
V5		X		X			X								3D	Leoncio
V6			X	X											5D	Leoncio
V7			X	X											1S	Leoncio
V8			X	X											4D	Leoncio
V9		X		X			X								D	Leoncio
V10		X					X								1S	Leoncio
V11		X				X									3D	Leoncio
V12			X				X								1S	Leoncio
V13		X					X								4D	Leoncio
V14		X					X								1S	Leoncio
V15			X				X								1S	Leoncio
V16			X				X								8D	Leoncio
V17			X				X								10D	Leoncio
V18		X					X								5D	Leoncio

Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Formato de solicitud de mantenimiento

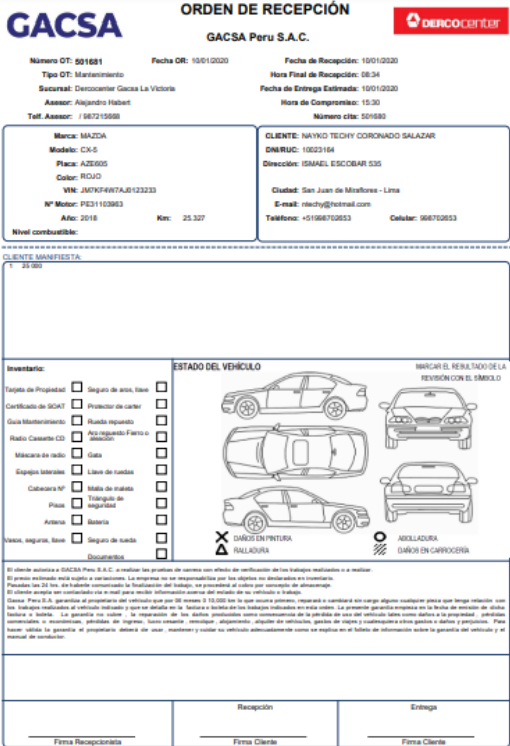
	SOLICITUD DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULO		Código: RF-P-04-F-01
			Versión: 003
			Fecha: __/__/2022
FECHA	<input type="text"/>	Servicio:	<input type="text"/>
PLACA	<input type="text"/>		<input type="text"/>
MODELO	<input type="text"/>		<input type="text"/>
MARCA	<input type="text"/>		<input type="text"/>
<p>Muy cordialmente me permito informar que el vehículo en mención, se hace necesario realizarle el siguiente, mantenimiento o reparación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>			
<p>RIESGOS: Es importante tener en cuenta que de no realizar lo anterior podría conllevar a riesgos tales como:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>			
Atentamente,			
TÉCNICO	<input type="text"/>	_____	
DNI	<input type="text"/>	Coordinador	
FIRMA	<input type="text"/>		

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestra el formato de solicitud de mantenimiento, donde el técnico encargado del procedimiento debe escribir la placa, el modelo y la marca del vehículo que está revisando; así mismo, debe indicar el tipo de servicio que realiza. Adicionalmente, en el mismo formato se debe informar por escrito al propietario mediante el asesor, si el vehículo va a requerir de un proceso de mantenimiento o de reparación y, los riesgos que implica no realizar las acciones recomendadas.

Figura 22

Modelo de orden de recepción de vehículo



ORDEN DE RECEPCIÓN
GACSA Peru S.A.C.

Número OT: 051681 Fecha OR: 10/01/2020 Fecha de Recepción: 10/01/2020
 Tipo OT: Mantenimiento Hora Final de Recepción: 08:34
 Sucursal: Dercocenter Gacsa La Victoria Fecha de Entrega Estimada: 10/01/2020
 Asesor: Alejandro Habert Hora de Compromiso: 15:30
 Tel. Asesor: / 987215988 Número cta: 501983

Marca: MAZDA CLIENTE: NAYKO TEOHY CORONADO SALAZAR
 Modelo: CX-5 DNI/RUC: 10023154
 Placa: AZ9005 Dirección: ISMAEL ESCOBAR 035
 Color: ROJO Ciudad: San Juan de Mariluz - Lima
 VIN: MZK7F6W7A8123233 E-mail: nteohy@hotmail.com
 N° Motor: PE31103863 Km: 25.307 Teléfono: +51986702653 Celular: 986702653
 Año: 2018 Nivel combustible: _____

CLIENTE MANIFIESTA

INVENTARIO

ESTADO DEL VEHÍCULO

SEÑALAR EL RESULTADO DE LA REVISIÓN CON EL SÍMBOLO

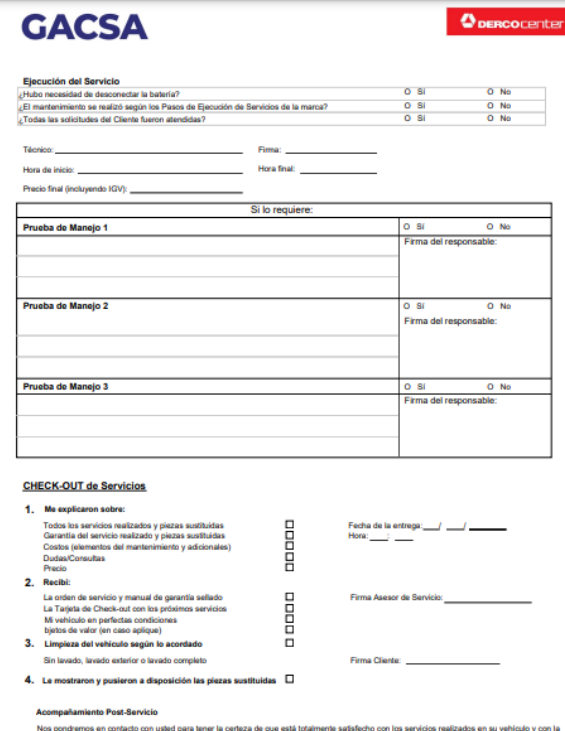
DAÑO EN PINTURA ABOLLADURA
 RALLADURA DAÑO EN CARROCERÍA

CLIENTE MANIFIESTA

Si el cliente solicita a GACSA Peru S.A.C. a realizar los trabajos de cambio con objeto de verificación de los trabajos realizados o a recibir el precio estimado más gastos y materiales. La empresa no se responsabiliza por los daños no declarados en momento.
 Pasados los 30 días, sin haberse comunicado la finalización del trabajo, se quedará el vehículo con custodia de almacenamiento.
 El cliente acepta con conocimiento de su caso para el presente el resultado de los trabajos de reparación y/o mantenimiento.
 Gacsa Peru S.A. garantiza el propietario del vehículo que por un máximo de 15.000 km lo que incluye pintura, reparar o cambiar a su cargo alguna condición para que tenga relación con los trabajos realizados al vehículo reparado o que se abasteció de. Incluye a los trabajos de reparación realizados en este orden. La garantía general comienza en la fecha del momento de entrega del vehículo a la tienda. La garantía no cubre: la reparación de los daños preexistentes antes del momento de la entrega del vehículo, los daños de origen de fábrica o de origen de terceros, los daños ocasionados por el uso indebido del vehículo, los daños ocasionados por el uso indebido del vehículo, los daños ocasionados por el uso indebido del vehículo, los daños ocasionados por el uso indebido del vehículo. Para hacer válida la garantía el propietario deberá de usar, mantener y cuidar su vehículo adecuadamente como se explica en el folleto de información sobre la garantía del vehículo y el manual del propietario.

Recepción Entrega

Firma Recepcionista Firma Cliente Firma Cliente



GACSA **DERCOcenter**

Ejecución del Servicio

¿Hubo necesidad de desconectar la batería? Sí No
 ¿El mantenimiento se realizó según los Pasos de Ejecución de Servicios de la marca? Sí No
 ¿Todas las solicitudes del Cliente fueron atendidas? Sí No

Técnico: _____ Firma: _____
 Hora de Inicio: _____ Hora final: _____
 Precio final (incluyendo IGVD): _____

Si lo requiere:

Prueba de Manejo 1 Sí No
 Firma del responsable: _____

Prueba de Manejo 2 Sí No
 Firma del responsable: _____

Prueba de Manejo 3 Sí No
 Firma del responsable: _____

CHECK-OUT de Servicios

1. Me explicaron sobre: Fecha de la entrega: ____/____/____
 Todos los servicios realizados y piezas sustituidas
 Garantía del servicio realizado y piezas sustituidas
 Costos (elementos del mantenimiento y adicionales)
 Opciones/Consultas
 Precio

2. Recibí: Firma Asesor de Servicio: _____
 La orden de servicio y manual de garantía sellado
 La Tarjeta de Check-out con los próximos servicios
 Mi vehículo en perfectas condiciones
 Bajas de valor (en caso aplique)

3. Limpieza del vehículo según lo acordado Firma Cliente: _____
 Sin lavado, lavado exterior o lavado completo

4. Le mostraron y pusieron a disposición las piezas sustituidas

Acompañamiento Post-Servicio

Nos pondremos en contacto con usted para tener la certeza de que está totalmente satisfecho con los servicios realizados en su vehículo y con la atención de Posventa de nuestro Concesionario.

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestra un modelo de orden de recepción de un vehículo, en el cual se recoge datos del automóvil y del cliente que lo deja en observación; así mismo, este formato cuenta con una sección para colocar lo que el cliente manifiesta sobre su vehículo, otra sección de inventario que deja registro sobre los elementos con los que cuenta el automóvil y, una sección con imágenes de un vehículo en distintas posiciones, con el fin de dejar constancia de su estado como fue recepcionado, donde se puede indicar si éste ha sufrido de ralladuras, abolladuras, daños en la pintura o en la carrocería. Adicionalmente, en la segunda hoja se indica algunas acciones que se llevaron a cabo en la ejecución del servicio, los nombres del técnico que

realiza la revisión, si se realizó pruebas de manejo y un check-out de los servicios que ha recibido el cliente.

Tabla 20

Formato de ficha para mantenimiento

FICHA PARA MANTENIMIENTO		F01-PR-GTH-20					
AREA	MANTENIMIENTO	FECHA(DD/MM/AAA)					
ENCARGADO	LEONCIO						
ASPECTOS A VERIFICAR	CUMPLIMIENTO			GRADO DE ACCIÓN			OBS
	SI	NO	NA	A INMEDIATA	B PRONTA	C POSTERIOR	
Limpieza							
Limpieza lavado y requerimientos de materiales							
Limpieza del sistema eléctrico							
Limpieza de chasis y filtros de aire							
Mantenimiento preventivo							
Lubricación							
Rodamientos							
Gas (opcional)							
Funcionamiento operativo							
Bujías							
Puntos internos							
Sistema eléctrico							
Cables eléctricos debidamente entubados.							
Los empalmes o conexiones están en buen estado.							
Tomas e interruptores en buen estado							
Cables en buen estado.							
Los tableros, cajas y circuitos están identificados.							
Existe señalización de peligros.							
PELIGRO MECANICO							
Equipos o herramientas en buen estado							
PREGUNTAS Y OBSERVACION DE TAREAS							
El personal tiene claro que hacer en caso de un incidente dentro del proceso de mantenimiento							
Se conoce el procedimiento para el mantenimiento además de las responsabilidades dentro de la empresa							
Los funcionarios, contratistas y colaboradores usan y cuidan sus EPP.							
COMENTARIOS							


Fuente: Elaboración propia

Se observa el formato de una ficha para mantenimiento, en el cual se puede verificar distintos aspectos como de limpieza, mantenimiento preventivo, sistema eléctrico, peligro

mecánico y, preguntas y observación de tareas; con el propósito de conocer si las actividades de estas áreas se han realizado y, el grado de acción que requieren, el cual puede ser inmediato, pronto o posterior. Así mismo, hay una sección para poder colocar observaciones sobre las actividades que se van a controlar.

Tabla 21

Formato de identificación de fallas

	Proceso:		Código:	XXXXX
	Documento:		Versión:	1
	Fecha:		Páginas:	1 DE 1
IDENTIFICACION				
PLACA				
MODELO				
NOMBRE DE TÉCNICO				
FECHA DE REPORTE (dd/mm/aa)				
DESCRIPCIÓN DEL ACTO OBSERVADO		DESCRIPCIÓN DE LA CONDICIÓN OBSERVADA		
ACCIÓN CORRECTIVA INMEDIATA		SUGERENCIA PARA PREVENIR SU REPETICIÓN		
ANÁLISIS				
ACEPTABLE	BAJO	MODERADO	ALTO	INTOLERABLE
ACCIONES CORRECTIVAS, PREVENTIVAS Y DE MEJORA TOMADAS				

Fuente: Elaboración propia

Se observa el formato de identificación de fallas que consta de varias secciones como la de identificación, donde se recoge datos del vehículo, la fecha del reporte y el nombre del técnico a cargo; así como otras secciones donde se puede describir el acto observado, la condición

observada, la acción correctiva inmediata frente a la falla y la sugerencia para prevenir su repetición. A partir de ello, en la sección de análisis se indica el nivel de riesgo de la falla que puede ser aceptable, bajo, moderado, alto e intolerable; así mismo, hay una sección para indicar las acciones correctivas, preventivas y de mejora que se han tomado.

Figura 23

Hoja informativa del cliente de mantenimiento periódico

DEROCENTER GACSA HOJA INFORMATIVA MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Tipo de Mantenimiento (Km): _____ Técnico: _____ Fecha: _____
 Número de OT: _____ Asesor de Servicio: _____ Plazo: _____

Resultado de la Inspección

REQUIERE ATENCIÓN EN PROXIMA CITA		REQUIERE ATENCIÓN INMEDIATA	
1	Inspección	35	Alrededor del vehículo
2	Líquido de refrigeración, aceite y niveles parciales	36	Alrededor del motor - 1 (Posterior)
3	Puente (Parqueamiento)	37	Alrededor del motor - 2 / Alrededor - ruedas 2
4	Clasificación (Riesgo, seguridad)	38	Alrededor del motor - 3
5	Revisión de los sistemas (Frenos, dirección del conductor)	39	Alrededor del motor - 4
6	Limpieza de superficies (Operación a baja y alta velocidad)	40	Alrededor del motor - 5
7	Luzes delanteras / espejos laterales (funcionamiento)	41	Alrededor del motor - 6
8	Puente de freno (desgaste, libre, juego)	42	Alrededor del motor - 7
9	Frenos de estacionamiento, juego, libre de click	43	Alrededor del motor - 8
10	Puente acelerador / embrague (Brazo, libre, función juego)	44	Alrededor del motor - 9
11	Vibrante (Frenos, juego)	45	Alrededor del motor - 10
12	Filtro de Aire acondicionado (Si corresponde)	46	Alrededor del motor - 11
13	Componentes de seguridad (Airbag, Operador)	47	Alrededor del motor - 12
14	Desarrollador (AC, Odometro de otro)	48	Alrededor del motor - 13
15	Exterior	49	Alrededor del motor - 14
16	Espejos / Capot / molleta (Daños, función control, engrasado)	50	Alrededor del motor - 15
17	Pantallas (Roturas, daños)	51	Alrededor del motor - 16
18	Ferros, sac de freno, señales de dirección (Rajaduras, daños)	52	Alrededor del motor - 17
19	Plumitas (Defectos, Daños)	53	Alrededor del motor - 18
20	Tapas, cerraduras, llaves, llaveros	54	Alrededor del motor - 19
21	Compartimiento del motor - 1	55	Alrededor del motor - 20
22	Filtro de aceite, mangones (Daño, servicio, juego)	56	Alrededor del motor - 21
23	Niveles (Aceite, embrague, dirección, engrasamientos)	57	Alrededor del motor - 22
24	Faja de Distribución (Si corresponde)	58	Alrededor del motor - 23
25	Filtro de aire (Reemplazar)	59	Alrededor del motor - 24
26	Cable de Aceleración / Correas (funcionamiento, lubricación)	60	Alrededor del motor - 25
27	Filtro PVC, manguera de agua (desplaza funcionamiento)	61	Alrededor del motor - 26
28	Materiales (Pneú, Capacidad)	62	Alrededor del motor - 27
29	Sistema enfriamiento (líquid, función tapa radiador, juego)	63	Alrededor del motor - 28
30	Bujes conectoriales / bujes / Pila / Platinos / Cambiasat, resaca luz	64	Alrededor del motor - 29
31	Compartimiento del motor (Si corresponde)	65	Alrededor del motor - 30

32/45 Neumáticos **42/45 Pastillas / Zapatas** **41/47 Disco de Freno** **35 Batería**

La hoja del resultado de la medición de Batería se colocará aquí

El tiempo de reemplazo de las piezas varía debido a las diferencias en los hábitos y condiciones de conducción

Resultados del Mantenimiento Próximo Mantenimiento Periódico N° de Proforma

Recomendaciones para el Cliente. Kilómetros

Firma del Técnico

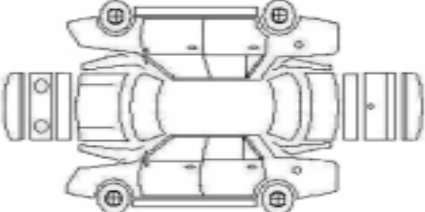
Firma del Asesor

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa una hoja informativa de mantenimiento periódico, la cual tiene el propósito de informar sobre el estado en que se encuentran diversos elementos de un vehículo; en ese sentido, para poder tener esta información se evalúa cada aspecto mediante tres indicadores: buen estado (resaltado de color verde), atención en una próxima cita (resaltado de color amarillo) o atención inmediata (resaltado de color rojo). Estas áreas del vehículo que van a ser sometidas a evaluación son la parte interior del automóvil, su parte externa, el compartimiento del motor, lo que se encuentra bajo el vehículo y, alrededor de las ruedas frontales y posteriores.

Figura 24

Modelo de liquidación de orden de trabajo

CLIENTE : NAYKO TECHY CORONADO SALAZAR Fec. Recepción : 10/01/2020 08:34 EM <input type="checkbox"/> Fec. Entrega : 10/01/2020 15:00 AS <input type="checkbox"/> Fec. Final : 10/01/2020 15:00 <input type="checkbox"/> Espera Trabajo <input type="checkbox"/> No Espera <input type="checkbox"/> Requiere Repuestos <input type="checkbox"/> Recibe Repuestos <input type="checkbox"/> Pide Repuestos <input type="checkbox"/> Cita Confirmada <input type="checkbox"/> Vehículo con Campaña NRD:		CON CITA ORDEN DE TRABAJO 808 - GACSA Peru S.A.C. NÚMERO : 501681 N° COMD. PLACA : AZE605				
AUTORIZACIÓN ADICIONAL : \$		TIPO SERVICIO : <input type="checkbox"/> Mantenimiento ASISTENTE : <input type="checkbox"/> FEC. ASISTENCIA :				
RUC : 10023164 CLIENTE : NAYKO TECHY CORONADO SALAZAR DIRECCIÓN : ISMAEL ESCOBAR 535 TELÉFONO : 998722653 CELULAR : 998709553 E_MAIL : ntechy@hotmail.com		 Encendedor <input type="checkbox"/> Radio <input type="checkbox"/> S. Seguridad <input type="checkbox"/> G. Bande <input type="checkbox"/> Antena <input type="checkbox"/> Herramientas <input type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> Caricero <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Combustible				
PLACA : AZE605 KM : 25327 VEHICULO : CX-5 AÑO : 2018 IDV : 12786 CHASIS : JM7WF4W7AJD123233 FEC. VENTA : 05/01/2018		BOLSOS Y CARGADOR DE CELULAR				
NRD PRESUPUESTO : RECEPCIONISTA : Alejandro Habert TEL. RECEPCIONISTA : 967215668 EMAIL RECEPCIONISTA : alejandro.habert@gacsa.pe COMP. SEGUROS : SINISTRO : LIQ. :		RESULTADO REQUERIMIENTO				
REQUERIMIENTO CLIENTE 1 25.000		C. CALIDAD DONDE LUZ ADVERTENCIA				
CUANDO FRECUENCIA						
DESCRIPCIÓN		MC	CANTIDAD	DESCTO	P.UNITARIO	TOTAL
SERVICIOS						
MANTENIMIENTO 25.000		831	1.00		151.69	151.69
MATERIALES						33.89
REPLETOS						
5W30 SN Full Sintetico			5.00		19.85	99.25
FILTRO ACEITE			1.00		54.40	54.40
ARANDELA CARTER			1.00		12.24	12.24
LIMPIADOR DE FRENSOS			1.00		12.14	12.14
LIMPIA PARABRISAS			1.00		5.28	5.28
PASTA ANTICHERRIDO			1.00		6.17	6.17


Esta Orden Inicial da un valor estimado de la reparación antes de desarmar el vehículo		Pag. 1 de 1	
RESULTADO ENTREGA <input type="checkbox"/> Lavado interior y exterior completo <input type="checkbox"/> Verificó el Precio al Cliente <input type="checkbox"/> Explicaciones de la Orden de Trabajo <input type="checkbox"/> Entregó Libro de Garantía Firmado <input type="checkbox"/> Informaron su Próxima Revisión <input type="checkbox"/> Recomendó el Vehículo con el Cliente <input type="checkbox"/> Informaron Contacto Telefónico <input type="checkbox"/> Confirmó el resultado con el Cliente 10/01/2020 15:00 Alejandro Habert		TOTAL : 375.06 DESCUENTO : 0.00 TOTAL NETO : 375.06 TOTAL IGV : 67.51 TOTAL S/ : 442.57	
SEGUIMIENTO POST-SERVICIO -ENCUESTA DE SATISFACCIÓN EN UN MÁXIMO DE UNA SEMANA LE LLEGARÁ UNA ENCUESTA PARA QUE CALIFIQUE NUESTROS SERVICIOS. ESPERAMOS HABER CUMPLIDO CON SUS REQUERIMIENTOS, AGRADECIMOS DARLE LA MEJOR EXPERIENCIA. ¡JUNTO UN 18!		NAYKO TECHY CORONADO SALAZAR RECIBI CONFORME G.RES	

Fuente: Elaboración propia

La figura anterior muestra un modelo de liquidación de orden de trabajo, la cual es un formato que informa al cliente sobre el gasto aproximado de las acciones que se van a realizar en su automóvil con el fin de llevar a cabo el mantenimiento; en ese sentido, este modelo recoge información del cliente y de su vehículo y, sobre lo que solicita el dueño del automóvil. Así mismo, cuenta con una sección que informa sobre el resultado de la entrega.

Tabla 22

Modelo de programa anual de mantenimiento preventivo

	PROGRAMA TIPO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
	AÑO 2022												
OBJETIVO	INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD												
MANTENIMIENTO SEMANAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	OBS
MANTENIMIENTO MENSUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	OBS

FECHA
OBSERVACIONES

IG - 03 N° :
FIRMA Y SELLO :

Lej anda
Programado
Ejecutado

P
E

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa el modelo de un programa anual de mantenimiento preventivo, el cual tiene como objetivo aumentar la disponibilidad; por lo cual el formato se divide en acciones de mantenimiento que se van a realizar de manera semanal y mensual a lo largo de todo un año. Así mismo, este modelo permite indicar en cada mes si se han ejecutado las acciones correspondientes o si se han programado para después y, cuenta con una sección para anotar cualquier observación.

Figura 24

Evidencia de la aplicación de la metodología RCM



Fuente: Elaboración propia

En la imagen se muestra a un trabajador con la indumentaria adecuada para llevar a cabo la inspección del automóvil, así como con las herramientas necesarias para que pueda realizar el procedimiento; esto con el objetivo de identificar cuáles son las fallas que presenta el vehículo, así como para recomendar una serie de acciones a alizar según el nivel de riesgo de las averías que encuentre.

Fase 5: Controles y supervisiones

La última sección corresponde a los controles y supervisiones del proceso a fin de conservar las buenas prácticas y mejorar la calidad de trabajo, lo cual se refleja en el incremento de la disponibilidad operativa.

Figura 25

Cartillas de control de mantenimiento



CONTROL DE PRE-ENTREGA

INSPECTOR DE LAVADO

- Limpeza de piso, jebes y alfombras.
- Limpeza de tablero, timón, consola, manijas.
- Limpeza de compartimientos de motor.
- Limpeza de aros, llantas y escarpines.
- Verificar limpieza de carrocería.

ASESOR DE SERVICIO

- Tarjeta de propiedad y SOAT.
- Cartificado de garantía sellado y firmado.
- Seguro de ruedas y repuestos usados.
- Revisión de funcionamiento de la alarma.
- Verificar que el reloj se encuentra en hora.
- Sticker de servicio.
- Objetos de valor.

EXPLICACIÓN DEL TRABAJO

- Detalles del trabajo.
- Costo.
- Confirmación de resultados.
- Inventario.
- Rev. alrededor del vehículo.
- Recomendaciones para el próximo servicio.

INSPECCIONADO POR:

LAVADO | ASESOR

**LAVADO
PRUEBA
TRABAJANDO
ESPERA POR SERVICIO**

PLACA

ENTREGA

DIA / MES | H / M

- Mantenimiento Expreso.
- Mantenimiento Periódico.
- Trabajo General.
- Planchado y Pintura.

ASESOR |

NOTAS:

**DERCOcenter
GACSA**

**LAVADO
PRUEBA
TRABAJANDO
ESPERA POR SERVICIO**


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior podemos ver la cartilla de control de mantenimiento que se le entrega al cliente junto con su vehículo, en la cual figuran el día que se entrega el vehículo a su propietario, el tipo de procedimiento que se llevó a cabo, el asesor que lo realizó y una check-list en la parte posterior que indica las acciones de control de pre-entrega que realizó tanto el

inspector del lavado como el asesor del servicio y, la persona que explicó el trabajo que se llevó a cabo que incluye detalles, costo, inventario, entre otras acciones.

Figura 26

Formato interno de control de trabajos de mantenimiento correctivo

Formato interno de control de mantenimiento correctivo 

OBRA / CONVENIO: _____

Fecha / /

I.- Datos de vehículo

Placa Marca Modelo

II.- Datos de Control Inicial

Hora de Salida : :

Hora de Llegada : :

Horas de Traslado : :

III.- Control de Horas de Campo:

Item	Código	Labor	Horas		Horas Efectivas	Técnico	Observaciones
			Inicio	Fin			
1							
2							
3							
4							
Total Horas							

IV.- Control de Tiempos Muertos

Descripción	Tiempo	VI. Explicación de trabajos
Mantenimiento y/o Reparación		
Esperando Indicaciones		
Refrigerio		
Condiciones		
Otros		
TOTAL		VII. Comentarios

V.- Abastecimientos de Insumos:


Insumos	u.m.	Cantidad	OBS

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa el formato interno de control del mantenimiento de tipo correctivo, en el cual se recoge información sobre los datos del vehículo: placa, marca y modelo; datos de control inicial que incluye hora de salida, hora de llegada y hora de traslado; control de horas de campo, donde se muestra una tabla que permite indicar la labor que se realizó, el tiempo que tomó, el nombre del técnico que lo llevó a cabo y observaciones; control de tiempos muertos, es decir, el tiempo que tomó actividades como refrigerio, mantenimiento y/o reparación, entre otros; abastecimiento de insumos; explicación de trabajos y comentarios.

Figura 27

Formato de inspección

		FORMATO DE INSPECCIÓN				
		Proceso:	Código:	Documento:	Version:	
		Fecha:	Placas:			
DATOS GENERALES						
FICHA DE VERIFICACIÓN:				SEDE:		
NOMBRE DEL RESPONSABLE:				CARGO:		
FORMATO DE CONTROL DE TRABAJOS						
Área o espacio en el que se ejecuta la labor.						
Descripción de la labor						
ELECTRICOS						
		SI	NO	NA	OBS	ACCIÓN RECOMENDADA
1	Entubados y protegidos					
2	Aislados					
3	Toma corriente sin sobrecarga					
4	Extensiones eléctricas sin uniones y aisladas					
5	Caja de paso en buen estado					
ILUMINACIÓN						
6	Suficiente número de luminarias					
7	Luminarias ubicadas perpendicularmente respecto					
8	Luminarias limpias y en buen estado					
9	Controlar la cantidad de luz					
PISOS						
10	En buen estado					
11	antideslizantes, sin materiales cortopunzantes					
PUERTAS						
12	En buen estado					
13	bien asegurados					
ESPACIOS DE TRABAJO - ORDEN Y ASEO						
14	Suficiente para la movilización de personas, objetos y materiales					
15	Vías de circulación libres, demarcadas, limpias y ordenados					
16	Cajones de archivadores y puertas de armarios que se encuentren cerradas					
17	Condiciones de higiene y limpieza de los puestos de trabajo controlados					

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa un formato de inspección evalúa distintas áreas como de electricidad, iluminación, pisos, puertas y espacios de trabajo; de las cuales se desprende una serie de enunciados con la finalidad de conocer si se cumplen o no, así como para describir alguna observación sobre estos ítems y dejar constancias las acciones que se recomiendan. Adicionalmente, al inicio se recogen datos generales como la fecha de verificación, el nombre del responsable, entre otros.

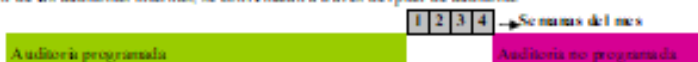
Tabla 23

Cronograma de auditorías

PROGRAMA DE AUDITORIAS																	
N°	Tipo de auditoría	Objetivos	Principio	Meses												Observaciones	
				Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12		
1	Auditoría interna en disponibilidad de vehículos	Se evaluará el desarrollo de los procesos para cada el MTFB y MTTR	Servicio de calidad con la menor cantidad de interrupciones													4	
2	Auditoría interna en RCM	Se evaluará la seguridad de los pasos a seguir para el proceso la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad	Tareas de mantenimiento														
			Confiabilidad del proceso														
			Análisis de gravedad														
			Análisis de frecuencia														
			Análisis de detección														
			Control de calidad														
			Cumplimiento del proceso de mantenimiento														
3	Auditoría en Mejora continua	Evaluar el cumplimiento de las propuestas	Base en los lineamientos para la calidad del proceso														

Criterios de auditoría:

- 1.- Las áreas y actores de proceso a auditar están sujetos a lo previsto en los procedimientos documentados de cada proceso
- 2.- Los días de realización de las auditorías internas, se confirmarán a través del plan de auditoría.



Fecha: 2022

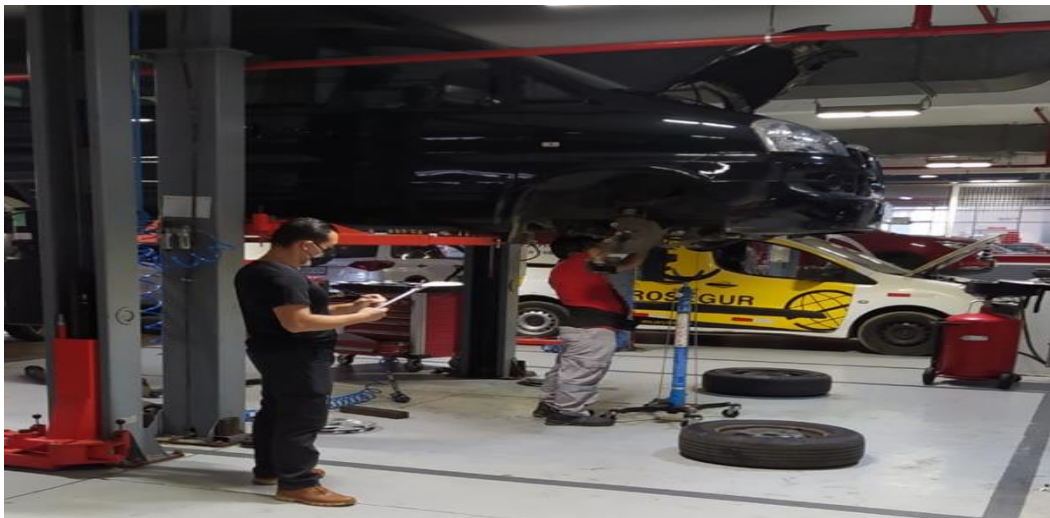
Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa el cronograma de auditorías que se programó a lo largo de un año, en el cual se muestra que la auditoría interna en disponibilidad de vehículos que tuvo como objetivo desarrollar los procesos para el MTBF y el MTTR, llevó a cabo cuatro auditorías programadas, las cuales fueron notificadas previamente y, once no programadas.

En el caso de las auditorías internas en RCM el objetivo fue evaluar la seguridad de los pasos a seguir para el proceso del RCM, para lo cual se tuvo que cumplir una serie de principios tales como las tareas de mantenimiento, la confiabilidad del proceso, el análisis de gravedad, el análisis de frecuencia, el análisis de detección, el control de calidad y el cumplimiento del proceso de mantenimiento; de los cuales todos recibieron auditorías programadas. Por otro lado, las auditorías de mejora continua tuvieron como objetivo evaluar el cumplimiento de las propuestas en base a los lineamientos para la calidad del proceso, para lo cual se ejecutó cuatro auditorías programadas y catorce auditorías no programadas.

Figura 28

Evidencia de las supervisiones



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa al encargado de la supervisión del establecimiento, observar el trabajo de los trabajadores con el objetivo de verificar que estén cumpliendo con los procedimientos que se les ha enseñado en las capacitaciones, así como para revisar las condiciones del establecimiento donde están laborando, lo cual incluye un ambiente con una adecuada iluminación, señalizaciones, etc.

3.8 Escenario posterior a la implementación

Luego de haber realizado la implementación de la metodología RCM, por un periodo de seis meses, con el propósito de generar cambios en la disponibilidad de vehículos ligeros en la empresa Wigo Motors, se procedió a analizar los resultados obtenidos a través de una serie de indicadores.

Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) sirve para mejorar los índices de confiabilidad de los activos de una empresa, para lo cual establece un plan de mantenimiento que asegure que el número de fallas sea mínimo. A continuación, se observa una tabla que indica la evolución del RCM, por un periodo de doce meses, a través de una serie de indicadores: tareas de mantenimiento, confiabilidad del proceso y nivel de prioridad de riesgo.

Tabla 24

Evolución del RCM total

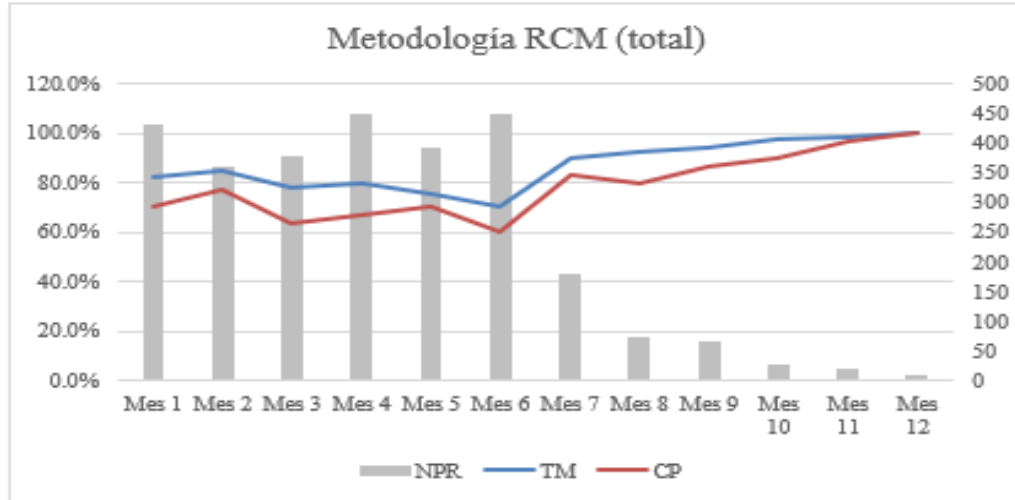
	Tareas de mantenimiento			Confiabilidad del proceso			Nivel de Prioridad de Riesgo			
	Tareas cumplidas	Tareas programadas	TM	Inspecciones Hoja RCM	Inspecciones Programadas	CP	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Mes 1	82	100	82.0%	21	30	70.0%	6.0	8.0	9.0	432
Mes 2	85	100	85.0%	23	30	76.7%	5.0	9.0	8.0	360
Mes 3	78	100	78.0%	19	30	63.3%	6.0	7.0	9.0	378
Mes 4	80	100	80.0%	20	30	66.7%	7.0	8.0	8.0	448
Mes 5	75	100	75.0%	21	30	70.0%	8.0	7.0	7.0	392
Mes 6	70	100	70.0%	18	30	60.0%	7.0	8.0	8.0	448
Mes 7	90	100	90.0%	25	30	83.3%	5.0	6.0	6.0	180
Mes 8	93	100	92.5%	24	30	80.0%	3.0	6.0	4.0	72
Mes 9	94	100	94.0%	26	30	86.7%	4.0	4.0	4.0	64
Mes 10	97	100	97.2%	27	30	90.0%	3.0	3.0	3.0	27
Mes 11	99	100	98.5%	29	30	96.7%	2.0	3.0	3.0	18
Mes 12	100	100	100.0%	30	30	100.0%	2.0	2.0	2.0	8

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de tareas cumplidas aumentó luego de la implementación del RCM, se observa que al séptimo mes la cantidad de tareas cumplidas subió a 90 y siguió aumentando hasta alcanzar la totalidad de tareas que habían sido programadas en el último mes, es decir, 100. De igual manera, la cantidad de inspecciones aumentó, ya que, a partir del séptimo mes, en comparación con el Mes 6, se alcanzó a realizar un total de 25 inspecciones y finalizó con el total de inspecciones realizadas, es decir, con 30. Respecto al nivel de prioridad de riesgo, se observa que el puntaje de severidad, ocurrencia y detección disminuyeron, ya que todos acabaron con un puntaje de 2. A partir de esto, se concluye que luego de la implementación del RCM, mejoró el nivel de disponibilidad de los equipos.

Figura 29

Evolución del RCM en el escenario total



Fuente: Elaboración propia

El nivel de prioridad de riesgo empezó a disminuir luego de haberse aplicado el RCM, lo cual se evidencia al séptimo mes que fue cuando se implementó esta metodología, ya que obtuvo un puntaje de 180, el cual finalizó en 8 el último mes. Así mismo, en el caso del indicador tiempo de mantenimiento se observa que al séptimo mes alcanzó un 90% y en el último mes, el puntaje más alto que fue de 100%, lo cual evidencia que este indicador tuvo una tendencia a aumentar. De igual manera, la confiabilidad del proceso mostró una tendencia a aumentar a partir del séptimo mes, es decir, luego de la implementación del RCM, ya que obtuvo en el mes7 un 83,3% y al último mes un 100%; lo cual significa que se encontró de manera oportuna las averías o fallas.

Variable dependiente: Disponibilidad operativa

La disponibilidad se representa como el porcentaje de tiempo en que los equipos de una empresa se encuentran desempeñando sus funciones, para lo cual se debe tener en consideración el tiempo que los equipos se encuentren inoperativos debido a fallas, paros programados y no programados, entre otros factores.

Tabla 25

Evolución de la disponibilidad

	Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparaciones			Disponibilidad.
	Horas de operación	Nº fallas	MTBF	Horas de mantt.	Nº fallas	MTTR	
Mes 1	6550.0	113	58.22	650.0	113	5.78	91.0%
Mes 2	6570.0	128	51.53	630.0	128	4.94	91.3%
Mes 3	6525.0	108	60.70	675.0	108	6.28	90.6%
Mes 4	6580.0	116	56.60	620.0	116	5.33	91.4%
Mes 5	6550.0	110	59.55	650.0	110	5.91	91.0%
Mes 6	6500.0	115	56.52	700.0	115	6.09	90.3%
Mes 7	6750.0	94	72.00	450.0	94	4.80	93.8%
Mes 8	6875.0	69	100.00	325.0	69	4.73	95.5%
Mes 9	6950.0	63	111.20	250.0	63	4.00	96.5%
Mes 10	7085.0	31	226.72	115.0	31	3.68	98.4%
Mes 11	7125.0	23	316.67	75.0	23	3.33	99.0%
Mes 12	7150.0	19	381.33	50.0	19	2.67	99.3%

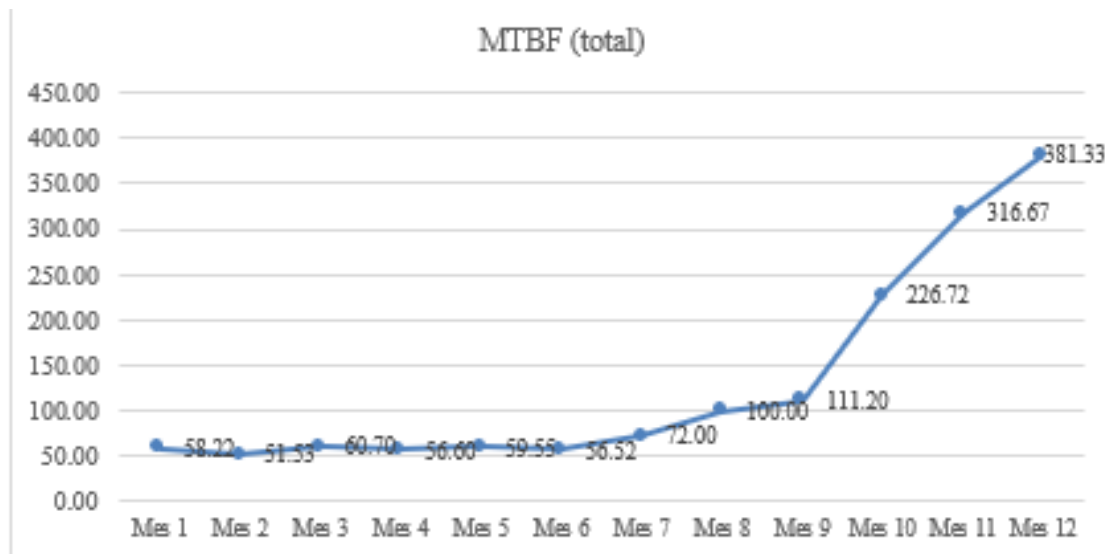
Fuente: Elaboración propia

Luego de la implementación del RCM que se llevó a cabo a partir del séptimo mes, el número de fallas empezó a descender, siendo así que empezó en 113 y finalizó con un total de 19. De igual manera, se observa que las horas de operación de los equipos aumentaron a partir del séptimo mes, pues pasó de 6550 horas en el primer mes a 7150 horas. Así mismo, se observó un descenso en las horas que un equipo se mantenía fuera de operación debido al mantenimiento,

lo cual se evidencia en las horas de mantenimiento pues de haber empezado en el mes 1 en 650 horas, finalizó en 50 hrs. A partir de esto, se puede decir que a partir de la gestión de mantenimiento a través del RCM se logró disminuir el número de fallas, lo cual generó que los equipos se mantuvieran mayores tiempos operativos.

Figura 30

Evolución del tiempo medio entre fallas total (expresado en horas)

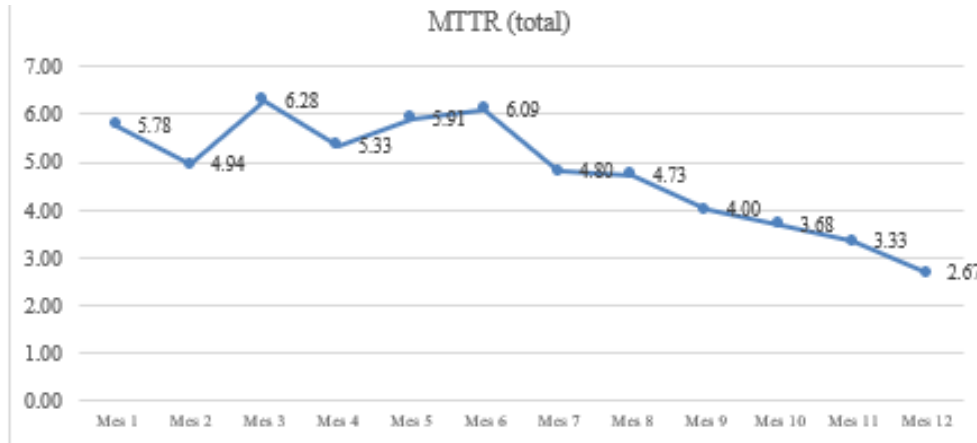


Fuente: Elaboración propia

Si bien en el periodo de pre-evaluación este indicador tuvo una tendencia a disminuir, luego de la implementación del RCM la situación cambió, lo cual se evidencia a partir del séptimo mes donde se obtuvo un total de 72 horas que finalizó en 381.33 hrs en el último mes. De acuerdo con esto, se puede concluir que la cantidad de tiempo entre una falla y otra se prolongó, lo cual significa que las fallas dejaron de ser tan frecuentes y los equipos se mantuvieron mayores tiempos operativos.

Figura 31

Evolución del tiempo medio para reparaciones total (expresado en horas)

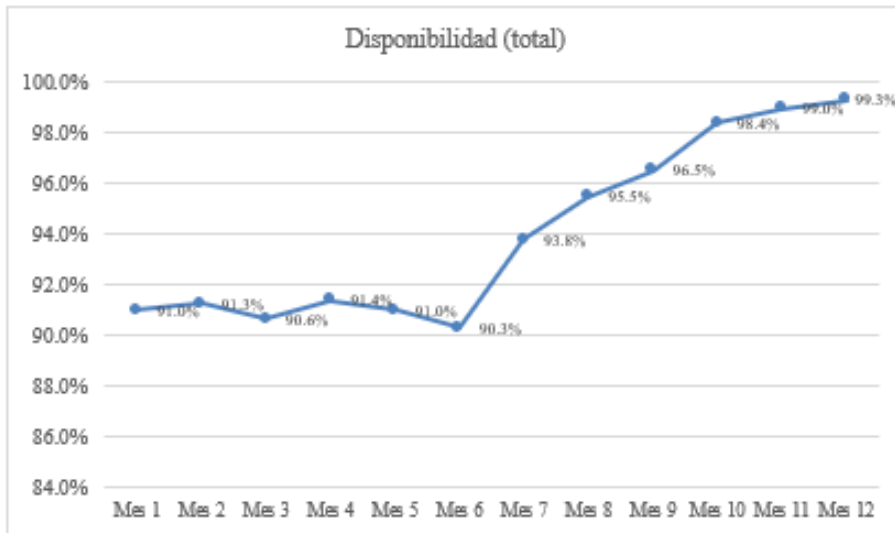


Fuente: Elaboración propia

En un inicio el promedio de horas tenía una tendencia a aumentar; sin embargo, luego de la implementación del RCM que fue a partir del séptimo mes, la tendencia empezó a disminuir, lo cual se muestra en el total de horas pues en el séptimo mes b a 4.8 hrs y en el último mes, siguió descendiendo hasta alcanzar 2.67 hrs. A partir de lo cual, se concluye que la gestión de mantenimiento mediante el RCM logró disminuir la cantidad de horas que un equipo se mantiene inoperativo debido al tiempo que se encuentra en mantenimiento por las fallas que ocurren.

Figura 33

Evolución de la disponibilidad total



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que el porcentaje de la disponibilidad, a partir de la implementación del RCM, empezó a aumentar, lo cual se evidencia en los porcentajes pues a partir del séptimo se obtuvo un 93.8% y alcanzó el 99.3% en el último mes; lo cual significa que gracias al RCM la disponibilidad de los equipos aumentó favoreciendo la rentabilidad de la empresa al tener sus máquinas mayor tiempo operativas.

2.8. Análisis económico – financiero

Un análisis complementario para determinar el impacto de la aplicación de la metodología es la evaluación económica, dado que no solo se debe lograr una mejora de los indicadores, sino que también los cambios deben ser viables y sostenibles desde el enfoque financiero a lo largo del tiempo; en este sentido, se procede a contrastar los costos necesarios sobre los beneficios obtenidos y para ello se presenta la siguiente tabla.

Tabla 26

Costos de implementación

Fase	Actividad	Cantidad	Precio unitario	Costo
Gestión del área	Limpieza general	1	S/ 250.0	S/ 250.0
	Desinfectantes	24	S/ 11.5	S/ 276.0
	Trapos	50	S/ 0.5	S/ 25.0
	Lijas	80	S/ 2.5	S/ 200.0
	Alcohol	24	S/ 12.0	S/ 288.0
	Cajas de embalaje	25	S/ 7.5	S/ 187.5
	Anaqueles	8	S/ 145.0	S/ 1,160.0
Análisis RCM	Hoja de decisión RCM	25	S/ 2.5	S/ 62.5
	Formatos de mantenimiento	150	S/ 1.5	S/ 225.0
	Procedimientos	3	S/ 60.0	S/ 180.0
	Insumo 1	25	S/ 110.0	S/ 2,750.0
	Insumo 2	25	S/ 75.0	S/ 1,875.0
	Insumo 3	25	S/ 95.0	S/ 2,375.0
	Insumo 4	25	S/ 80.0	S/ 2,000.0
FMEA	Asesoría de expertos	12	S/ 150.0	S/ 1,800.0
	Fichas de evaluación	25	S/ 2.5	S/ 62.5
	Cronograma	25	S/ 2.0	S/ 50.0
Capacitación	Costo de charlas	1	S/ 450.0	S/ 450.0
	Instructivos	10	S/ 30.0	S/ 300.0
	Materiales de consulta	75	S/ 8.0	S/ 600.0
Supervisiones	Auditoría externa	1	S/ 750.0	S/ 750.0
	Formatos de supervisión	162	S/ 1.5	S/ 243.0
	Cronograma	1	S/ 50.0	S/ 50.0
	Asesoría de gestión de calidad	6	S/ 150.0	S/ 900.0
Total				S/ 17,059.50

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se comenta la lista de elementos necesarios para la aplicación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM según las fases, considerando el costo unitario y el valor total. El listado completo arroja un valor de S/ 17,059 soles y cabe resaltar que algunos costos son aplicables en un momento y otros deben repetirse como mantenimiento de la implementación. Por otro lado, para conocer los beneficios se analiza la presencia de fallas previas respecto a las posteriores a modo de compararlas y tomar en cuenta el costo unitario de la reparación en promedio (dato de la empresa), lo cual se detalla en la tabla a continuación.

Tabla 27

Flujo de caja

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Ingresos							
Fallas pre		113	128	108	116	110	115
Fallas post		94	69	63	31	23	19
Reducción de fallas		19	59	45	85	88	96
Costos unitarios		S/ 145.8	S/ 145.8	S/ 145.8	S/ 145.8	S/ 145.8	S/ 145.8
Ahorro		S/ 2,733.75	S/ 8,565.75	S/ 6,561.00	S/ 12,393.00	S/ 12,757.50	S/ 14,033.25
Costos							
Implementación	-S/ 15,610	-S/ 1,450	-S/ 1,450	-S/ 1,450	-S/ 1,450	-S/ 1,450	-S/ 1,450
Mantenimiento							
Costos totales	-S/ 15,610	-S/ 1,450	-S/ 1,450	-S/ 1,450	-S/ 1,450	-S/ 1,450	-S/ 1,450
Flujo de caja	-S/ 15,610	S/ 1,284	S/ 7,116	S/ 6,564	S/ 12,393	S/ 12,762	S/ 12,583
Flujo acumulado	-S/ 15,610	-S/ 14,326	-S/ 7,210	-S/ 646	S/ 11,747	S/ 24,509	S/ 37,092

Fuente: Elaboración propia

El análisis del flujo de caja refleja un total de ingresos provenientes del ahorro de las reparaciones por un menor número de fallas en los vehículos, en tanto que este valor se incrementa con el paso del tiempo desde S/ 2,737 en el primer mes hasta S/ 14,033 soles en el

sexto mes de la implementación y por otro lado, los costos se han dividido en los elementos iniciales para el cambio y aquellos que deben repetirse mes a mes como mantenimiento. A partir de ello, se logra un flujo de caja del periodo muestra valores positivos en todos sus escenarios, en tanto que a modo acumulado se obtiene una recuperación en el cuarto mes y en total se obtienen un flujo acumulado de S/ 37,092 soles, lo cual implica que la inversión inicial ha sido recuperada y se logran beneficios. De forma complementaria, se ha efectuado un análisis financiero del flujo anterior para determinar los beneficios de la aplicación de la metodología RCM.

Tabla 28

Indicadores financieros

Indicador	Valor
Costo de oportunidad del capital	5.5%
Valor actual neto	S/ 25,103.82
Tasa interna de retorno	36.35%
Beneficio sobre costo	2.35
Periodo de recupero	3.052

Fuente: Elaboración propia

El análisis financiero parte de una comparación del costo de oportunidad del capital (COK) con los valores alcanzados en el flujo de caja, en tanto que se debe conocer si los beneficios satisfacen las expectativas del inversionista por su capital. El valor del COK fue proporcionado por la empresa, a saber 11% anual, lo cual implica el 5.5% de forma semestral. El valor actual neto (VAN) de la implementación muestra el monto actualizado en el presente de los flujos futuros del cambio descontados con la tasa COK el cual alcanza los S/ 25,103 soles y al

ser mayor a cero indica una rentabilidad. Asimismo, la tasa interna de retorno (TIR) muestra un porcentaje de comparación de los flujos futuros, la cual se calculó en 36.35% y es superior a la tasa del costo de oportunidad del capital (COK) de 5.5%; por lo tanto, se evidencia una viabilidad. De forma complementaria, el indicador de beneficio – costo muestra la relación entre los ingresos sobre los gastos realizados, esta relación corresponde al 2.35, en tanto que el periodo de recupero de la inversión se determinó en 3.052 meses. Todos los indicadores anteriores muestran que la implementación de la metodología RCM ha sido beneficiosa para la empresa desde la perspectiva económica.

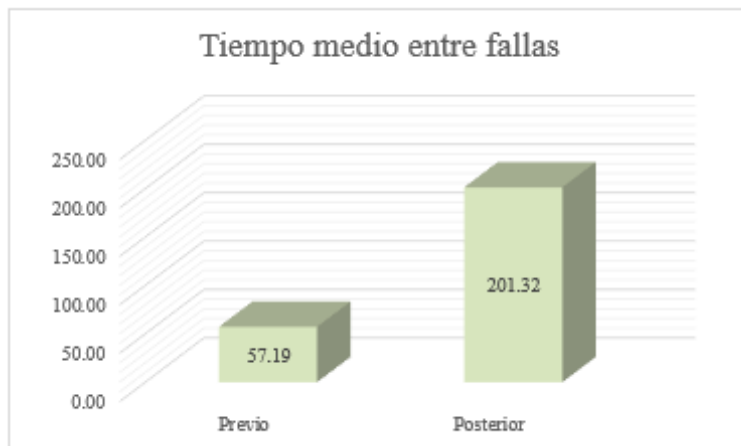
CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Variable dependiente: Disponibilidad operativa

La disponibilidad es el porcentaje de tiempo que un equipo se mantiene operativo y se obtiene a través del cálculo de dos indicadores: el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio para reparaciones (MTTR) y la comparación de dichos indicadores se presenta en las siguientes figuras.

Figura 32

Comparación de escenarios del tiempo medio entre fallas



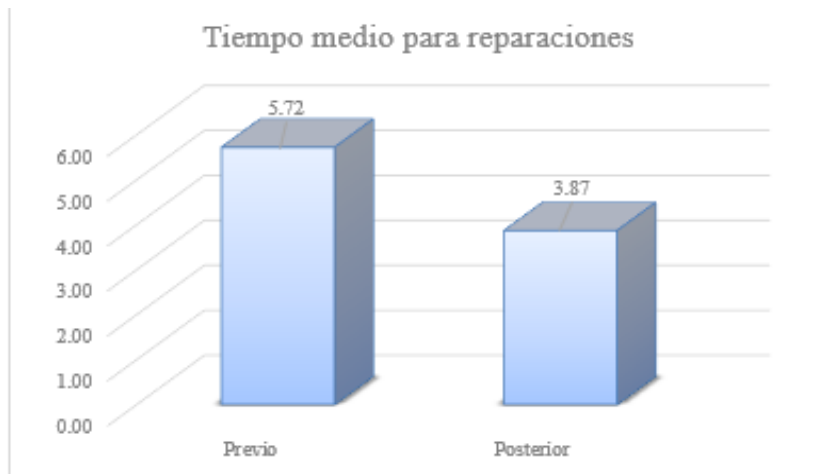
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que el tiempo medio entre fallas en el escenario previo a la implementación del RCM alcanzó un total de 57.19 horas, lo cual indica que las fallas en ese momento eran muy frecuentes. Por otro lado, en el escenario posterior, luego de haber aplicado el RCM, se observa que el indicador aumenta en 201.32 horas, lo cual significa el tiempo entre

una falla y otra se prolongó, en otras palabras, esto quiere decir que hubo mayor tiempo en que un equipo se mantuvo desempeñando sus funciones.

Figura 33

Comparación de escenarios del tiempo medio para reparaciones

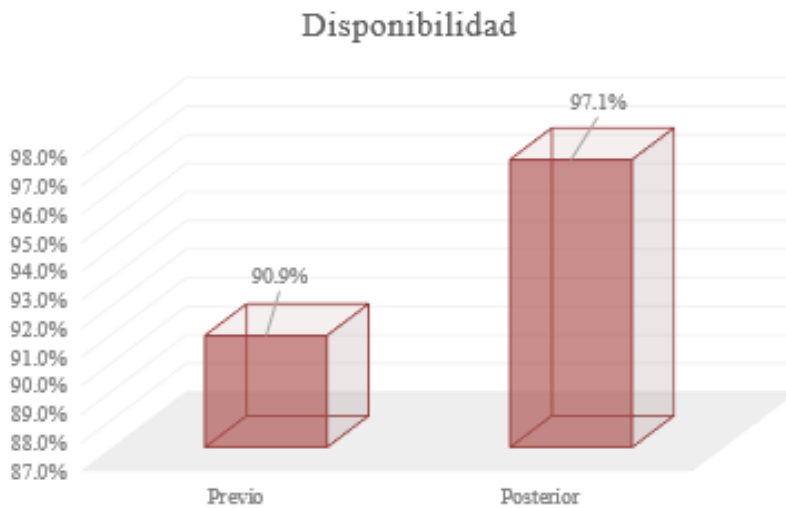


Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que en el escenario previo a la implementación del RCM, el tiempo medio de reparaciones era de 5.72 horas, lo cual cambió luego del RCM pues el resultado final fue de 3.87. A partir de lo cual se puede decir que debido al RCM la cantidad de tiempo que un equipo se mantenía en mantenimiento empezó a disminuir que se traduce en un equipo con mayor disponibilidad.

Figura 34

Comparación de escenarios de la disponibilidad



Fuente: Elaboración propia

Por último, el porcentaje de la disponibilidad en el escenario previo mostró un porcentaje del 90.9%, mientras que, en el escenario posterior, luego de la implementación del RCM, mostró un aumento en 97.1%. En ese sentido, se puede decir que el aumento del porcentaje de este indicador se traduce en un mayor tiempo que los equipos de la empresa se mantienen operativos, lo cual indica un menor número de fallas, menores costos y mayor rentabilidad para la empresa.

4.2. Prueba de hipótesis

Las pruebas de hipótesis determinan si se han cumplido las expectativas formuladas al inicio de la investigación con el rigor de la estadística; a partir de ello, en primer lugar, se evalúa la normalidad de los datos y posteriormente se contrasta las hipótesis con la prueba adecuada. Este análisis se realizó a la variable disponibilidad y sus dimensiones de tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparaciones (MTTR)

4.3. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

El primer paso para las pruebas de hipótesis corresponde a conocer la distribución de normalidad de los datos, a fin de aplicar la prueba adecuada para la comparación de escenarios y obtener la significancia; en este sentido, se formula lo siguiente:

Ho: Los datos del MTBF provienen de una distribución normal

Ha: Los datos del MTBF no provienen de una distribución normal

Tabla 29

Análisis de la normalidad del MTBF

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTBF	Previo	,222	6	,200*	,930	6	,584
	Posterior	,260	6	,200*	,894	6	,341
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

Regla de decisión:

Si $p\text{-valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En la tabla anterior se observa el análisis de la distribución de los datos del tiempo medio entre fallas (MTBF) donde se ha utilizado la prueba de Shapiro – Wilk debido a que se contrastó 6 datos para cada escenario. Los resultados muestran que la distribución del escenario previo alcanza un valor de significancia de 0.584 y en el periodo posterior fue de 0.341; al ser ambas mayores a 0.05, se evidencia que los datos provienen de una distribución normal o paramétrica. A partir de esta información se concluye que será adecuado emplear la prueba T de Student para la contrastación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Ho: La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad no incrementa el tiempo medio entre fallas en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

Ha: La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementa el tiempo medio entre fallas en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

Regla de decisión:

Ho: MTBF antes \geq MTBF después

Ha: MTBF antes $<$ MTBF después

Tabla 30

Estadísticos de muestras emparejadas para el MTBF

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
MTBF Pre	57,13633	6	3,232012	1,319464
MTBF Post	201,32000	6	127,644655	52,110712

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

En la tabla anterior se muestra el análisis de muestras emparejadas, en donde se evidencia que el tiempo medio entre fallas (MTBF) previo de 57.136 horas fue inferior al indicador posterior de 201.32 horas. A partir de ello, se rechaza la hipótesis nula de Ho: MTBF antes \geq MTBF después y se toma la hipótesis alterna o del investigador. De forma complementaria, para

confirmar si el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados mediante la prueba T de Student.

Tabla 31

Estadísticos de la prueba T de Student para el MTBF

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
MTBF Pre – MTBF Post	-144,183	127,361	51,995	-	-	-2,773	5	,039
				277,841698	10,525635			

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

Regla de decisión:

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Si $p\text{-valor} < 0.05$, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En el análisis anterior se verifica que la significancia de la prueba T de Student aplicado al tiempo medio entre fallas (MTBF) previo y posterior obtienen un valor de $0.039 < 0.05$; por lo tanto, y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador que señala que la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementa el tiempo medio entre fallas en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

4.4. Tiempo medio para reparaciones (MTTR)

El primer paso para las pruebas de hipótesis corresponde a conocer la distribución de normalidad de los datos a fin de aplicar la prueba adecuada para la comparación de escenarios y obtener la significancia; en este sentido, se formula lo siguiente.

Ho: Los datos del MTTR provienen de una distribución normal

Ha: Los datos del MTTR no provienen de una distribución normal

Tabla 32

Análisis de la normalidad del MTTR

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTT	Previo	,212	6	,200*	,945	6	,696
R	Posterior	,185	6	,200*	,947	6	,714
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

Regla de decisión:

Si p-valor > 0.05, se acepta la hipótesis nula

Si p-valor ≤ 0.05, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En la tabla anterior se observa el análisis de la distribución de los datos del tiempo medio para reparaciones (MTTR) donde se ha utilizado la prueba de Shapiro – Wilk debido a que se contrastó 6 datos para cada escenario. Los resultados muestran que la distribución del escenario

previo alcanza un valor de significancia de 0.696 y en el periodo posterior fue de 0.714; al ser ambas mayores a 0.05, se evidencia que los datos provienen de una distribución normal o paramétrica. A partir de esta información se concluye que será adecuado emplear la prueba T de Student para la contratación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Ho: La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad no reduce el tiempo medio para reparaciones de vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

Ha: La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce el tiempo medio para reparaciones en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

Regla de decisión:

Ho: MTTR antes \geq MTTR después

Ha: MTTR antes $<$ MTTR después

Tabla 33

Estadísticos de muestras emparejadas para el MTTR

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
MTTR Pre	5,72117	6	,498569	,203540
MTTR Post	3,86783	6	,823152	,336051

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

En la tabla anterior se muestra el análisis de muestras emparejadas, en donde se evidencia que el tiempo medio para reparaciones (MTTR) previo de 5.72 horas fue superior al indicador posterior de 3.867 horas. A partir de ello, se rechaza la hipótesis nula de $H_0: MTTR \text{ antes} \geq MTTR \text{ después}$ y se toma la hipótesis alterna o del investigador. De forma complementaria, para confirmar si el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados mediante la prueba T de Student.

Tabla 34

Estadísticos de la prueba T de Student para el MTTR

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
MTTR Pre – MTTR Post	1,853333	1,153398	,470873	,642916	3,063751	3,936	5	,011

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

Regla de decisión:

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Si $p\text{-valor} < 0.05$, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En el análisis anterior se verifica que la significancia de la prueba T de Student aplicado al tiempo medio para reparaciones (MTTR) previo y posterior obtienen un valor de $0.011 < 0.05$; por lo tanto, y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la

hipótesis alterna o del investigador que señala que la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce el tiempo medio para reparaciones en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

4.5. Disponibilidad

El primer paso para las pruebas de hipótesis corresponde a conocer la distribución de normalidad de los datos a fin de aplicar la prueba adecuada para la comparación de escenarios y obtener la significancia; en este sentido, se formula lo siguiente:

Ho: Los datos de la disponibilidad provienen de una distribución normal

Ha: Los datos de la disponibilidad no provienen de una distribución normal

Tabla 35

Análisis de la normalidad de la disponibilidad

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad	Previo	,223	6	,200*	,950	6	,741
	Posterior	,228	6	,200*	,919	6	,497
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

Regla de decisión:

Si p-valor > 0.05, se acepta la hipótesis nula

Si p-valor ≤ 0.05, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En la tabla anterior se observa el análisis de la distribución de los datos de la disponibilidad donde se ha utilizado la prueba de Shapiro – Wilk debido a que se contrastó 6 datos para cada escenario. Los resultados muestran que la distribución del escenario previo alcanza un valor de significancia de 0.741 y en el periodo posterior fue de 0.497; al ser ambas mayores a 0.05, se evidencia que los datos provienen de una distribución normal o paramétrica. A partir de esta información se concluye que será adecuado emplear la prueba T de Student para la contratación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Ho: La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad no incrementa la disponibilidad en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

Ha: La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementa la disponibilidad en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

Regla de decisión:

Ho: Disponibilidad antes \geq Disponibilidad después

Ha: Disponibilidad antes $<$ Disponibilidad después

Tabla 36

Estadísticos de muestras emparejadas para la disponibilidad

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio

Disponibilidad Pre	,90914	6	,004083	,001667
Disponibilidad Post	,97072	6	,021984	,008975

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

En la tabla anterior se muestra el análisis de muestras emparejadas, en donde se evidencia que la disponibilidad previa de 0.90914 fue inferior al indicador posterior de 0.97072. A partir de ello, se rechaza la hipótesis nula de H_0 : Disponibilidad antes \geq Disponibilidad después y se toma la hipótesis alterna o del investigador. De forma complementaria, para confirmar si el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados mediante la prueba T de Student.

Tabla 37

Estadísticos de la prueba T de Student para la disponibilidad

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Disponibilidad Pre - Disponibilidad Post	- ,06154	,02345	,009573	- ,086183	-,036965	- 6,432	5	,001

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSS v.25

Regla de decisión:

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Si $p\text{-valor} < 0.05$, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En el análisis anterior se verifica que la significancia de la prueba T de Student aplicado a la disponibilidad previa y posterior obtienen un valor de $0.001 < 0.05$; por lo tanto, y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador que señala que la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementa la disponibilidad en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.

4.6. Discusión de resultados

La discusión de resultados se basa en la comparación de los hallazgos de la presente investigación y los alcances de trabajos mencionados en antecedentes a fin de evaluar si se cumple la tendencia del impacto positivo o si se han logrado resultados distintos según las herramientas empleadas.

En primer término, en la investigación se mencionaron las fallas más comunes de los vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad de la empresa Wigo Motors, 2022, dado que a partir del análisis modal de fallas y efectos se indicó que los problemas más graves se relacionan al motor y transmisión, neumáticos, fugas en línea de combustible, pastillas y zapatas de los vehículos. En el análisis de Ma, Wu y Zhang (2014) se identificaron un total de 21 tipos de fallas potenciales en 15 vehículos, y los inconvenientes más comunes se relacionan al desgaste de neumáticos, el sistema de válvulas hidráulicas y el incremento del cilindraje. A nivel nacional, en Chavarría (2019) el análisis de fallos muestra que los principales inconvenientes se centran en el motor, los sistemas de frenos y el mecanismo eléctrico y de forma similar en Durand (2018) las causas de fallos fueron 20 y las más importantes corresponden a los problemas de motor, embrague, pintura, frenos, dirección sistema de aire,

caja de cambios, puertas y sistema eléctrico, dado que representaron el 80% del total del problema.

En segundo lugar, se determinaron cuáles son las actividades y tareas de mantenimiento que emplea el taller para el desarrollo de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022; en este sentido, el planteamiento de cambios se basó en la gestión del área de trabajo, las capacitaciones, el análisis AMEF, la implementación del RCM y los controles complementarios en el sistema. En la misma línea, a nivel internacional, para Yanez (2021) para el cambio en el sistema de mantenimiento de vehículos en Ecuador fue necesario el análisis de los registros históricos, el diseño del plan, la implementación de cambios y el cálculo final de indicadores, en tanto que ello se basa en un sistema organizado y sistematizado. Asimismo, en Ayala (2020) los resultados muestran que el sistema nuevo de mantenimiento en Colombia refleja el uso de fichas de recolección de datos, formatos, programación de actividades, el análisis de confiabilidad y la supervisión de trabajos. De forma similar, en Rodríguez (2018) los resultados presentan un mantenimiento de vehículos con el empleo de sistema de herramientas de análisis sobre la criticidad; adicionalmente, se desarrolló un nuevo procedimiento para el mantenimiento, con lo cual se espera alcanzar una disponibilidad del 93%.

En el escenario nacional, en Chavarría (2019) para la mejora de la disponibilidad mediante la metodología RCM fue necesario el cumplimiento de objetivos específicos como la determinación de la criticidad de los componentes, el diseño del plan de mantenimiento y la capacitación al personal operativo. En la misma línea, para Salazar (2019) el uso de herramientas en el mantenimiento es importante para lograr el incremento de la disponibilidad; en el caso de

su investigación se establecieron los indicadores previos, se identificaron las fallas, efectos y modos de fallos para obtener el índice de riesgo (NPR), se diseñaron hojas de decisión RCM y se evaluaron los costos de la implementación.

Por último, se demostró que el mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de la empresa Wigo Motors, 2022; ello se basa en que la media de disponibilidad del escenario previo (90.9%) fue inferior al escenario posterior (97.1%); adicionalmente, con el uso de la estadística inferencial se determinó una significancia del cambio de $0.001 < 0.05$, lo cual valida la afirmación. En el escenario internacional se observan alcances similares, tal es el caso de Yanez (2021) para el caso de vehículos en Ecuador en donde los resultados muestran un sistema organizado y sistematizado de mantenimiento, el cual logra un impacto positivo en la disponibilidad, dado el incremento de 85.5% a 97.3%. Asimismo, en Rawahi y Sudhir (2019) el análisis para la realidad de una empresa de autos menciona que el mantenimiento centrado en la confiabilidad logra un cambio positivo en la disponibilidad de 88.75% a 99.91%; ello se basa en un MTBF de 15250 horas y un MTTR de 5.66 horas, en tanto que el tiempo de detención solo fue de 56.26 horas.

De forma similar, en los trabajos de origen nacional, se mencionan hallazgos análogos tales como en Nuñez y Puchoc (2021), donde la disponibilidad de vehículos incrementó de forma sustantiva por el uso de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, en tanto que se pasó en promedio de 77.8% a 94.7%; a su vez, el tiempo medio entre fallas pasó de 290.81 a 603.06 horas a partir de la aplicación del RCM; también, el MTTR se redujo de 72.51 a 39.17 horas; por último, la aplicación del plan RCM resulta rentable ya que se calculó un VAN de S/8,751.50 soles. Asimismo, en Ccoyllo y Denil (2021) la disponibilidad se incrementó del

86.82% al 98.88% por el uso del RCM, en tanto que, mediante la contrastación con la estadística inferencial, se obtuvo un p-valor de $0.03 < 0.05$, lo cual valida la hipótesis. En el caso de Durand (2018) también se empleó el mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad en vehículos; respecto a los indicadores de interés, el tiempo medio entre fallas fue de 194.13 horas, en tanto que el tiempo medio de reparaciones se calculó en 9.17; a partir de ello, se obtiene una disponibilidad de los vehículos de 96.85%. Para Chavarría (2019), en base a una nueva organización del mantenimiento se logra un incremento en la disponibilidad de 74% a 92% en promedio de escenarios, en tanto que el MTBF se incrementó de 16 a 43 horas y e MTTR se redujo de 8 a 3 horas.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La narración de conclusiones se basa en el planteamiento de objetivos al inicio de la investigación, en tanto que es necesario conocer si se ha logrado un cambio positivo en la variable disponibilidad operativa y en las dimensiones que la representan; a partir de dicha premisa, se señala lo siguiente:

Se concluye cuáles son las fallas más comunes que tienen los vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa de servicios Wigo Motor, 2022, dado que a partir del análisis modal de fallas y efectos se indicó que los problemas más graves se relacionan al motor y transmisión, neumáticos, fugas en líneas de combustible, pastillas y zapatas de freno de los vehículos.

Se concluye cuáles son las actividades y tareas de mantenimiento que emplea el taller para el desarrollo de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022; en este sentido, el planteamiento de cambios se basó en la gestión del área de trabajo, las capacitaciones, el análisis AMEF, la implementación del RCM y los controles complementarios en el sistema.

Se concluye que el mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de la empresa Wigo Motors, 2022; ello se basa en que la media de disponibilidad del escenario previo (90.9%) fue inferior al escenario posterior (97.1%); adicionalmente, con el uso de la estadística inferencial se determinó una significancia del cambio de $0.001 < 0.05$, lo cual valida la afirmación.

5.2. Recomendaciones

Las recomendaciones son aquellas sugerencias que el investigador plantea para futuros cambios en la empresa o a fin de resolver problemas no tocados anteriormente, en tanto que es importante contar con un enfoque de mejora continua en la empresa y lograr el éxito sostenido con el paso de los años; por lo tanto, se menciona lo siguiente.

Se recomienda, evaluar de forma periódica el impacto de las fallas más frecuentes en el funcionamiento de los vehículos, debido a que es necesario contar con un sistema actualizado de opiniones del cliente y los problemas que suelen afrontar, este punto puede verse reforzado con el contenido de las encuestas de gestión de la calidad aplicadas luego de cada procedimiento.

Por otro lado, se recomienda, implementar un sistema de salud y seguridad en el trabajo para mejorar los trabajos y tareas de mantenimiento; en la operatividad diaria los operarios se encuentran expuestos a peligros por el tipo de insumos o productos a tratar, además se debe gestionar la conservación de su integridad para lograr una alta calidad.

Finalmente, se recomienda continuar con el sistema de supervisiones y auditorias para controlar las buenas prácticas y cambios positivos en el mantenimiento de los vehículos, de esta forma se podrá concientizar sobre la importancia del análisis en el caso de una empresa con gran flujo de trabajo.

REFERENCIAS

- Andrade, C., & Herrera, M. (2021). Análisis de la situación actual del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación* 4 (8), 2-18. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0021>.
- Arteaga Bazurto, L., & Gorozabel Chata, F. (2021). Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a maquinarias críticas de la Plaza Calderon. *Universidad y Ciencia*, 202-216.
- Ayala, S. (2020). *Fortalecimiento del pilar de mantenimiento planeado en las actividades de paso 1 en la empresa ALICO S.A.* Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Caballero Gonzáles, C., & Clavero García, J. (2016). *UF1466 - Sistemas de almacenamiento*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Revista Científica del Instituto Politécnico Nacional Vol 23 N° 1*, 2-16. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/61458265006.pdf>.

- Canahua Apaza, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Revista Industrial Data*(24), 49-76.
- Cárcel, F. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial*. Valencia, España: OmniaScience.
- Casas, L., & Barona, J. (2019). *El funcionamiento de las edificaciones: Administración y mantenimiento*. Cali, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle.
- Ccoyllo Meza, J., & Denil Marin, C. (2021). *Implementación del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa Jardel Perú S.A.C. Lima 2020*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Chavarria, J. (2019). *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Incrementar la Disponibilidad Mecánica de la Maquinaria Pesada de la Municipalidad Provincial de Pomabamba*. Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Consuegra, O. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en eun hospital universitario. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 37-49.
<https://www.redalyc.org/pdf/4096/409640743004.pdf>.

- Durand, H. (2018). *Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de paradas no programadas de los buses de una empresa de transporte público a través de la metodología RCM y mantenimiento autónomo*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Espinosa Martinez, J., De La Paz Martinez, E., Perez Bermudez , R., & Acosta Perez, I. (2020). Contribución del mantenimiento centrado en la confiabilidad para el estudio de fallos a equipos consumidores de energía eléctrica. *Revista Centro Azucar*, 22-32. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v47n1/2223-4861-caz-47-01-22.pdf>.
- Estupiñan, E., & Cordero, E. (2019). Uso de la metodología FMCEA - RCM, para la optimización de la estrategia de mantenimiento en una planta de tostación de cobre. *Revista de la Facultad de Ciencias Basicas*, 196-204.
- Fernández de la Calle, I. (2020). *Seguridad funcional en instalaciones de proceso: Sistemas instrumentados de seguridad y analisis SIL*. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.
- Flores, M., Medina, D., Vargas, D., & Remache, B. (2020). Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. *CienciAmerica*, 1-8.
- Galaviz, J., & Alfaro, J. (2015). *Mejora y optimización de procesos de manufactura: red de colaboración nacional e internacional*. Valencia, España: Palibrio.

García , I. (2016). *Anatomía de sistemas: Su análisis y su apoyo*. Madrid, España: Diaz Santos.

Gonzalez, C., Domingo, R., & Sebastian, M. (2015). *Técnicas de mejora de la calidad*. Madrid, España: Editorial UNED.

González, F. (2015). Ingeniería de mantenimiento en la dinámica de la competitividad y desarrollo industrial. *International Engineering Seminar IES UNISANGIL* , 48-51.
https://unisangil.edu.co/phocadownload/investigaciones_doc/memorias_IES_2015_ISSN_2422_5088_volumen_2.pdf#page=48.

Gonzalez, F., & Fuentes, J. (2019). *Sistemas ferroviarios: planificación, ingeniería y explotación*. San José, Costa Rica: Editorial UNED.

Gupta, P., & Sri, A. (2016). *Seis Sigma sin Estadística: Enfoque en la búsqueda de las mejoras inmediatas*. Porto, Portugal: Accelper Consulting.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.

Iglesias, J. (2015). *Mantenimiento correctivo de electrodomésticos de gama industrial - UF2244*. Málaga, España: Editorial ELEARNING. S.L. .

Janoudi, F. (2015). *Reparación de equipos mecánicos y eléctricos de plantas de tratamiento de agua y plantas depuradoras*. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L.

Jiménez, F. (2018). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311*. Malaga, España: IC Editorial.

Linares, V. (2018). *Diagnosis de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial*. Malaga, España: IC Editorial.

Ma, X., Wu, X., & Zhang, Y. (2014). Research on Maintenance Strategy of Coal Mining Vehicle Based on RCM. *Applied Mechanics and Materials Vol 543*, 126-129. doi:10.4028/www.scientific.net/amm.543-547.126.

Martinez Monseco, J., & Planaguma Vilamitjana, A. (2021). Innovando desde la gestión del mantenimiento. El remantenimiento. Caso práctico Central Hidroelectrica. *Centro de Investigación y Pruebas Electroenergéticas*, 1-13.

Medialdea, J., & Corrales, B. (2017). *Operaciones auxiliares de mantenimiento de instalaciones maquinaria, equipos y herramientas de floristería*. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L. .

Núñez Molle, D., & Puchoc Tejeda, J. (2021). *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa de la empresa distribuidora Bajopontina S.A. Lima, 2021*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.

Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vela, J., & Romero Delgado, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Pareja Toledo, C., Amado Sotelo, J., & Gutierrez Ascon, J. (2017). Gestión de mantenimiento preventivo y disponibilidad de la flota de tractores del area de maquinarias en una empresa pecuaria. *Ingnosis*, 169-182.

Patterson, D., & Hennessy, J. (2018). *Estructura y diseño de computadoras*. Barcelona, España: Reverte.

Rawahi, S., & Sudhir, C. (2019). Reliability, Availability and Maintainability Study of Critical Vehicle Maintenance Equipment in a Highly Demanding Automobile Workshop. *International Journal of Multidisciplinary Science and Engineering* 6 (11), 1-7.
<http://www.ijmse.org/Volume6/Issue11/paper1.pdf>.

- Rivas, M. (2017). *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos*. Málaga, España: Editorial Elearning .
- Rodríguez, E., Obando, F., Sánchez, M., Calvo, P., Ordonez, A., Ordonez, S., & Villa, J. (2016). *Manual de gestión de mantenimiento del equipo biomédico*. Cali, Colombia: Ediciones de la Universidad Autonoma de Occidente.
- Rodriguez, J. (2018). *Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa TRANZIT S.A.S perteneciente al STIP*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rojas Martinez, L., Rojas Martinez, C., & Valdez Cervantes, L. (2017). Desarrollo y aplicación de plan de mantenimiento RCM en la automatización de líneas de inspección con equipos Allen-Bradley. *15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1-8. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.353>.
- Sánchez, M. (2015). *Manejo y mantenimiento de equipos de aplicación de fitosanitarios*. Málaga, España: Editorial EARNING S.L.
- Socconini Perez, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Barcelona, España: Marge Books.

Suárez, Y., & Nieto, O. (2020). Metodología para gestionar riesgos en la autoevaluación de las maestrías del Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana. *Rev. Cubana Edu. Superior* 39 (3), 1-12. <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v39n3/0257-4314-rces-39-03-e19.pdf>.

Tabuyo, M. (2015). *Organización y gestión de los procesos de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales*. Málaga, España: Editorial Elearning.

Uribe, S. (2020). Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la maquina remalladora de una empresa textil. *Ingeniería Industrial*(38), 15-31.

Valderrama Mendoza, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.

Velasco Sanchez, E., Sanchez Lozano, M., & Peral Orts, R. (2016). *XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica: Libro de artículos*. Alicante, España: Universidad Miguel Hernandez.

- Yanez, J. (2021). *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos en el sur de Quito*. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Ypanaque Arteaga, S., Chucuya Huallpachoque, R., & Esquivel Paredes, L. (2017). Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de ua grúa de 50 toneladas. *Ingnosis*, 309-322.
- Zafra, A., Mendez, F., & Reyes, A. (2017). Metodología para la categorización de activos en el mantenimiento centrado en confiabilidad desde el algoritmo "Proceso de jerarquía analítica". *Agustiniana Revista Académica*, 53-76.
<https://revistas.uniagustiniana.edu.co/index.php/agustiniana/article/view/32/25>.
- Zegarra, J. (2019). *Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para incrementar la disponibilidad de los tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo* Vol 19 N° 1, 25-37; :
<http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.02>.

ANEXOS

<i>Anexo N° 1 Matriz de Consistencia</i>	<i>152</i>
<i>Anexo N° 2 Cartillas del servicio en la empresa</i>	<i>153</i>
<i>Anexo N° 3 Ficha modelo de mantenimiento técnico en la empresa.....</i>	<i>154</i>
<i>Anexo N° 4 Formato de liquidación del servicio de mantenimiento</i>	<i>155</i>
<i>Anexo N° 5 Orden de recepción del servicio de mantenimiento</i>	<i>156</i>
<i>Anexo N° 6 Imágenes complementarias del servicio de mantenimiento</i>	<i>157</i>
<i>Anexo 7 Estadísticos descriptivos de la disponibilidad, MTBF y MTTR en SPSS.25</i>	<i>158</i>
<i>Anexo N° 8 Datos empleados.....</i>	<i>161</i>
<i>Anexo N° 9 Análisis AHP completo</i>	<i>162</i>
<i>Anexo N° 10 Resultado de la variable independiente.....</i>	<i>166</i>


Anexo N° 1 Matriz de Consistencia

Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa en vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022				
Problema	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	Metodología
<p>Problema general ¿En qué medida la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad operativa de vehículos ligeros en la empresa Wigo Motors, 2022?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuáles son las fallas más comunes que tienen los vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa Wigo Motors, 2022?</p> <p>¿Cuáles son las actividades y tareas de mantenimiento que emplea el taller para el desarrollo de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa de vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022?</p>	<p>Objetivo general Determinar en qué medida la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad operativa de vehículos ligeros en la empresa Wigo Motors, 2022</p> <p>Objetivos específicos Determinar cuáles son las fallas más comunes que tienen los vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa Wigo Motors, 2022</p> <p>Determinar cuáles son las actividades y tareas de mantenimiento que emplea el taller para el desarrollo de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa de vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022.</p>	<p>Hipótesis general La metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad incrementará la disponibilidad operativa de vehículos ligeros en la empresa Wigo Motors, 2022.</p> <p>Hipótesis específicas Existen fallas mecánicas que afectan a los vehículos ligeros al realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa Wigo Motors, 2022</p> <p>Existen actividades y tareas de mantenimiento efectivas que emplea el taller para el desarrollo de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa de vehículos ligeros de la empresa Wigo Motors, 2022</p>	<p>Variable 1: X = Mantenimiento centrado en la confiabilidad</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> Tareas de mantenimiento Confiabilidad del proceso Nivel de prioridad de riesgo <p>Variable 2: Y = Disponibilidad operativa de vehículos ligeros</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tiempo medio entre fallas (MTBF) Tiempo promedio de reparaciones (MTTR) 	<p>Tipo de investigación Aplicada</p> <p>Nivel de investigación Explicativo</p> <p>Método: Hipotético-deductivo</p> <p>Técnicas de recolección: Observación directa</p> <p>Técnicas de procesamiento: Análisis estadístico descriptivo; medidas de tendencia central, dispersión y distribución</p>

Anexo N° 2 Cartillas del servicio en la empresa



Anexo N° 3 Ficha modelo de mantenimiento técnico en la empresa



HOJA INFORMATIVA MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Tipo de Mantenimiento (Km): _____ Técnico: _____ Fecha: _____
 Número de OT: _____ Asesor de Servicio: _____ Placa: _____

Resultado de la Inspección

REVISADO OK		REVISADO OK	
REQUIERE ATENCIÓN EN PRÓXIMA CITA		REQUIERE ATENCIÓN EN PRÓXIMA CITA	
REQUIERE ATENCIÓN INMEDIATA		REQUIERE ATENCIÓN INMEDIATA	
Interior			
1	<input type="checkbox"/>	Luces de emergencia, testigos y amarrador parpadeo	30
2	<input type="checkbox"/>	Ruido (Función anormal)	31
3	<input type="checkbox"/>	Claxon (Falta volumen)	32
4	<input type="checkbox"/>	Rodadura irregular/oscilante (Función, posición del inyector)	33
5	<input type="checkbox"/>	Limpie parabrisas (Operación - a baja / alta velocidad)	34
6	<input type="checkbox"/>	Luzes eléctricas / señales laterales (Funcionamiento)	35
7	<input type="checkbox"/>	Placa de freno (desgaste, línea, juego)	36
8	<input type="checkbox"/>	Freno de estac. crecimiento (juego, línea de discos)	37
9	<input type="checkbox"/>	Pedal acelerador / embrague (fijación libre, función juego)	38
10	<input type="checkbox"/>	Volante (Fijación, juego)	
11	<input type="checkbox"/>	Filtro de Aire acondicionado (Si corresponde)	39
12	<input type="checkbox"/>	Cinturones de seguridad (Daño, Operación)	40
13	<input type="checkbox"/>	Desplazador / AG (Obstrucción de aire)	41
14	<input type="checkbox"/>	Exterior	42
15	<input type="checkbox"/>	Puertas / Capot / maletero (Cierre, función cerraje, engrosar)	43
16	<input type="checkbox"/>	Parabrisas (Rajaduras, daños)	44
17	<input type="checkbox"/>	Frenos, luz de freno, señales de dirección (Rajaduras, daños)	45
18	<input type="checkbox"/>	Pantallas (Defectos, Daños)	46
19	<input type="checkbox"/>	Tapa combustible (Daño, función)	47
20	<input type="checkbox"/>	Compartimiento del motor - 1	48
21	<input type="checkbox"/>	Placa de escape, mangueras (Daño, lesiones, fugas)	49
22	<input type="checkbox"/>	Nivel de (líquido, aceite, dirección, limp. parabrisas)	50
23	<input type="checkbox"/>	Faja de Distribución (Si corresponde)	
24	<input type="checkbox"/>	Filtro de aire (Reemplazo)	51
25	<input type="checkbox"/>	Filtro de combustible (Reemplazo)	52
26	<input type="checkbox"/>	Cuerpo de Aceleración / Carburador (funcionamiento, lubricación)	53
27	<input type="checkbox"/>	Filtro PVC (verificar de nuevo después funcionamiento)	54
28	<input type="checkbox"/>	Batería (Nivel, Capacidad)	55
29	<input type="checkbox"/>	Sistema enfriamiento (Nivel, función tapa radiador, fugas)	56
30	<input type="checkbox"/>	Bujas o válvulas oxidas / Inyectos / Pls. Platinos / Cambios en med. luz)	57
31	<input type="checkbox"/>	Compresión de motor (Si corresponde)	58
32	<input type="checkbox"/>		
33	<input type="checkbox"/>		
34	<input type="checkbox"/>		
35	<input type="checkbox"/>		
36	<input type="checkbox"/>		
37	<input type="checkbox"/>		
38	<input type="checkbox"/>		
39	<input type="checkbox"/>		
40	<input type="checkbox"/>		
41	<input type="checkbox"/>		
42	<input type="checkbox"/>		
43	<input type="checkbox"/>		
44	<input type="checkbox"/>		
45	<input type="checkbox"/>		
46	<input type="checkbox"/>		
47	<input type="checkbox"/>		
48	<input type="checkbox"/>		
49	<input type="checkbox"/>		
50	<input type="checkbox"/>		
51	<input type="checkbox"/>		
52	<input type="checkbox"/>		
53	<input type="checkbox"/>		
54	<input type="checkbox"/>		
55	<input type="checkbox"/>		
56	<input type="checkbox"/>		
57	<input type="checkbox"/>		
58	<input type="checkbox"/>		

39/45

Neumáticos

40/46


Pastillas / Zapatas


41/47


Disco de Freno

26

Batería


STD


STD


STD

La hoja del resultado de la medición de Batería se colocara aquí

De 4mm a 2mm	REVISADO OK	REVISADO OK	REVISADO OK	REVISADO OK
De 2mm a menos	REQUIERE ATENCIÓN EN LA PRÓXIMA VISITA	REQUIERE ATENCIÓN EN LA PRÓXIMA VISITA	REQUIERE ATENCIÓN EN LA PRÓXIMA VISITA	REQUIERE ATENCIÓN EN LA PRÓXIMA VISITA
REQUIERE ATENCIÓN INMEDIATA	REQUIERE ATENCIÓN INMEDIATA	REQUIERE ATENCIÓN INMEDIATA	REQUIERE ATENCIÓN INMEDIATA	REQUIERE ATENCIÓN INMEDIATA
<input type="checkbox"/> LH, Fr mm	<input type="checkbox"/> LH, Fr mm	<input type="checkbox"/> LH, Fr mm	<input type="checkbox"/> LH, Fr mm	<input type="checkbox"/> mm
<input type="checkbox"/> RH, Fr mm	<input type="checkbox"/> RH, Fr mm	<input type="checkbox"/> RH, Fr mm	<input type="checkbox"/> RH, Fr mm	<input type="checkbox"/> mm
<input type="checkbox"/> LH, Post mm	<input type="checkbox"/> LH, Post mm	<input type="checkbox"/> LH, Post mm	<input type="checkbox"/> LH, Post mm	<input type="checkbox"/> mm
<input type="checkbox"/> RH, Post mm	<input type="checkbox"/> RH, Post mm	<input type="checkbox"/> RH, Post mm	<input type="checkbox"/> RH, Post mm	<input type="checkbox"/> mm

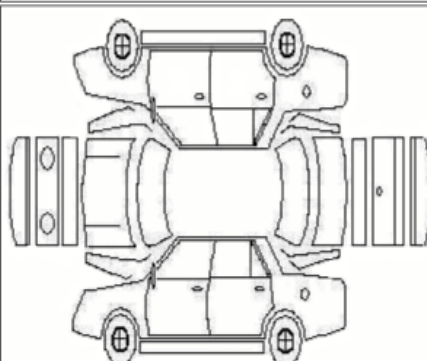
El tiempo de reemplazo de las piezas varía debido a las diferencias en los hábitos y condiciones de conducción

Resultados del Mantenimiento Recomendaciones para el Cliente.	Próximo Mantenimiento Periódico _____ Kilómetros	N° de Proforma: _____
--	---	-----------------------

Firma del Técnico

Firma de Asesor

Anexo N° 4 Formato de liquidación del servicio de mantenimiento

<p>Fec. Recepción : 10/01/2020 08:34 Fec. Entrega : 10/01/2020 15:00 Fec. Final : 10/01/2020 15:00</p> <p> <input type="checkbox"/> Espera Trabajo <input type="checkbox"/> Requiere Repuestos <input type="checkbox"/> Pide Repuestos <input type="checkbox"/> Vehículo con Campaña NRO: </p> <p> <input type="checkbox"/> No Espera <input type="checkbox"/> Recibe Repuestos <input type="checkbox"/> Cita Confirmada </p> <p>AUTORIZACIÓN ADICIONAL : \$</p>	<p>EM <input type="checkbox"/></p> <p>AS <input type="checkbox"/></p>	<p>ORDEN DE TRABAJO 808 - GACSA Peru S.A.C.</p> <p>NÚMERO : 501681 <u>N° CONO</u> PLACA : AZE605</p> <p>TIPO SERVICIO : Mantenimiento ASISTENTE : <input type="checkbox"/> FEC. ASISTENCIA :</p>																																																																		
<p>RUC : 10023164 CLIENTE : NAYKO TECHY CORONADO SALAZAR DIRECCIÓN : ISMAEL ESCOBAR 535 TELÉFONO : 998702653 CELULAR : 998702653 E_MAIL : ntechy@hotmail.com</p> <p>PLACA : AZE605 KM : 25327 VEHÍCULO : CX-5 AÑO : 2018 IDV : 12788 CHASIS : JM7KF4W7AJ0123233 FEC. VENTA : 01/01/2018</p> <p>NRO. PRESUPUESTO : RECEPCIONISTA : Alejandro Habert TEL. RECEPCIONISTA : 987215668 EMAIL RECEPCIONISTA : alejandro.habert@gacsa.pe COMP. SEGUROS : SINIESTRO : LIQ. :</p>		<p>Encendedor <input type="checkbox"/> Radio <input type="checkbox"/> S. Seguridad <input type="checkbox"/> G. Barrote <input type="checkbox"/> Antena <input type="checkbox"/> Herramientas <input type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> Cenicero <input type="checkbox"/></p> <p>Combustible <input type="checkbox"/></p>																																																																		
<p>REQUERIMIENTO CLIENTE 1 25 000</p> <p>CUANDO FRECUENCIA</p>	<p>RESULTADO REQUERIMIENTO</p> <p>C. CALIDAD DONDE LUZ ADVERTENCIA</p>																																																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">DESCRIPCIÓN</th> <th style="text-align: center;">MC</th> <th style="text-align: center;">CANTIDAD</th> <th style="text-align: center;">DESCTO</th> <th style="text-align: center;">P.UNITARIO</th> <th style="text-align: center;">TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6"><i>SERVICIOS</i></td> </tr> <tr> <td>MANTENIMIENTO 25 000</td> <td style="text-align: center;">831</td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td></td> <td style="text-align: right;">151.69</td> <td style="text-align: right;">151.69</td> </tr> <tr> <td colspan="6"><i>MATERIALES</i></td> </tr> <tr> <td colspan="6"><i>REPUESTOS</i></td> </tr> <tr> <td>5W30 SN Full Sintetico</td> <td></td> <td style="text-align: center;">5.00</td> <td></td> <td style="text-align: right;">19.85</td> <td style="text-align: right;">99.25</td> </tr> <tr> <td>FILTRO ACEITE</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td></td> <td style="text-align: right;">54.40</td> <td style="text-align: right;">54.40</td> </tr> <tr> <td>ARANDELA CARTER</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td></td> <td style="text-align: right;">12.24</td> <td style="text-align: right;">12.24</td> </tr> <tr> <td>LIMPIADOR DE FRENOS</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td></td> <td style="text-align: right;">12.14</td> <td style="text-align: right;">12.14</td> </tr> <tr> <td>LIMPIA PARABRISAS</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td></td> <td style="text-align: right;">5.28</td> <td style="text-align: right;">5.28</td> </tr> <tr> <td>PASTA ANTICHIRRIDO</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1.00</td> <td></td> <td style="text-align: right;">6.17</td> <td style="text-align: right;">6.17</td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCIÓN	MC	CANTIDAD	DESCTO	P.UNITARIO	TOTAL	<i>SERVICIOS</i>						MANTENIMIENTO 25 000	831	1.00		151.69	151.69	<i>MATERIALES</i>						<i>REPUESTOS</i>						5W30 SN Full Sintetico		5.00		19.85	99.25	FILTRO ACEITE		1.00		54.40	54.40	ARANDELA CARTER		1.00		12.24	12.24	LIMPIADOR DE FRENOS		1.00		12.14	12.14	LIMPIA PARABRISAS		1.00		5.28	5.28	PASTA ANTICHIRRIDO		1.00		6.17	6.17
DESCRIPCIÓN	MC	CANTIDAD	DESCTO	P.UNITARIO	TOTAL																																																															
<i>SERVICIOS</i>																																																																				
MANTENIMIENTO 25 000	831	1.00		151.69	151.69																																																															
<i>MATERIALES</i>																																																																				
<i>REPUESTOS</i>																																																																				
5W30 SN Full Sintetico		5.00		19.85	99.25																																																															
FILTRO ACEITE		1.00		54.40	54.40																																																															
ARANDELA CARTER		1.00		12.24	12.24																																																															
LIMPIADOR DE FRENOS		1.00		12.14	12.14																																																															
LIMPIA PARABRISAS		1.00		5.28	5.28																																																															
PASTA ANTICHIRRIDO		1.00		6.17	6.17																																																															

Anexo N° 5 Orden de recepción del servicio de mantenimiento

GACSA	ORDEN DE RECEPCIÓN	
GACSA Peru S.A.C.		
Número OT: 501681	Fecha OR: 10/01/2020	Fecha de Recepción: 10/01/2020
Tipo OT: Mantenimiento		Hora Final de Recepción: 08:34
Sucursal: Dercocenter Gacsa La Victoria		Fecha de Entrega Estimada: 10/01/2020
Asesor: Alejandro Habert		Hora de Compromiso: 15:30
Telf. Asesor: / 987215668		Número cita: 501680
Marca: MAZDA Modelo: CX-5 Placa: AZE605 Color: ROJO VIN: JM7KF4W7AJ0123233 N° Motor: PE31103963 Año: 2018 Km: 25.327 Nivel combustible:	CLIENTE: NAYKO TECHY CORONADO SALAZAR DNI/RUC: 10023164 Dirección: ISMAEL ESCOBAR 535 Ciudad: San Juan de Miraflores - Lima E-mail: ntechy@hotmail.com Teléfono: +51998702653 Celular: 998702653	
CLIENTE MANIFIESTA: 1 25 000		
Inventario: Tarjeta de Propiedad <input type="checkbox"/> Seguro de aros, llave <input type="checkbox"/> Certificado de SOAT <input type="checkbox"/> Protector de carter <input type="checkbox"/> Guía Mantenimiento <input type="checkbox"/> Rueda repuesto <input type="checkbox"/> Radio Cassette CD <input type="checkbox"/> Aro repuesto Fierro o aleación <input type="checkbox"/> Máscara de radio <input type="checkbox"/> Gata <input type="checkbox"/> Espejos laterales <input type="checkbox"/> Llave de ruedas <input type="checkbox"/> Cabecera N° <input type="checkbox"/> Malla de maleta <input type="checkbox"/> Pisos <input type="checkbox"/> Triángulo de seguridad <input type="checkbox"/> Antena <input type="checkbox"/> Batería <input type="checkbox"/> Vasos, seguros, llave <input type="checkbox"/> Seguro de rueda <input type="checkbox"/> Documentos <input type="checkbox"/>	ESTADO DEL VEHICULO <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> DAÑOS EN PINTURA <input checked="" type="checkbox"/> RALLADURA </div> <div style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> ABOLLADURA <input type="checkbox"/> DAÑOS EN CARROCERÍA </div> </div> <p style="text-align: right; font-size: small; margin-top: 5px;">MARCAR EL RESULTADO DE LA REVISIÓN CON EL SÍMBOLO</p>	
<p>El cliente autoriza a GACSA Peru S.A.C. a realizar las pruebas de carrera con efecto de verificación de los trabajos realizados o a realizar. El precio estimado está sujeto a variaciones. La empresa no se responsabiliza por los objetos no declarados en inventario. Pasadas las 24 hrs. de haberse comunicado la finalización del trabajo, se procederá al cobro por concepto de almacenaje.</p> <p>Gacsa Peru S.A. garantiza al propietario del vehículo que por 06 meses o 10.000 km lo que ocurra primero, reparará o cambiará sin cargo alguno cualquier pieza que tenga relación con los trabajos realizados al vehículo indicado y que se detalla en la factura o boleta de los trabajos indicados en esta orden. La presente garantía empieza en la fecha de emisión de dicha factura o boleta. La garantía no cubre, la reparación de los daños producidos como consecuencia de la pérdida de uso del vehículo tales como daños a la propiedad, pérdidas comerciales o económicas, pérdidas de ingreso, lucro cesante, remolque, alojamiento, alquiler de vehículos, gastos de viajes y cualesquiera otros gastos o daños y perjuicios. Para hacer válida la garantía el propietario deberá de usar, mantener y cuidar su vehículo adecuadamente como se explica en el folleto de información sobre la garantía del vehículo y el manual de conductor.</p>		
	Recepción	Entrega
Firma Recepcionista	Firma Cliente	Firma Cliente

Anexo N° 6 Imágenes complementarias del servicio de mantenimiento



Anexo 7 Estadísticos descriptivos de la disponibilidad, MTBF y MTTR en SPSS.25

Descriptivos					
	Escenario		Estadístico	Desv. Error	
Disponibilidad	Previo	Media	,90914	,001667	
		95% de intervalo de confianza para la media	Limite inferior	,90486	
			Limite superior	,91343	
		Media recortada al 5%	,90923		
		Mediana	,90972		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	,004083		
		Mínimo	,903		
		Máximo	,914		
		Rango	,011		
		Rango intercuartil	,007		
		Asimetría	-,604	,845	
		Curtosis	-,339	1,741	
	Posterior	Media	,97072	,008975	
		95% de intervalo de confianza para la media	Limite inferior	,94765	
			Limite superior	,99379	
		Media recortada al 5%	,97132		
		Mediana	,97465		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	,021984		
		Mínimo	,938		
		Máximo	,993		
		Rango	,056		
Rango intercuartil	,040				
Asimetría	-,581	,845			
Curtosis	-1,189	1,741			

Descriptivos					
	Escenario		Estadístico	Desv. Error	
MTTR	Previo	Media	5,72117	,203540	
		95% de intervalo de confianza para la media	Limite inferior	5,19795	
			Limite superior	6,24438	
		Media recortada al 5%	5,73352		
		Mediana	5,84350		
		Varianza	,249		
		Desv. Desviación	,498569		
		Mínimo	4,941		
		Máximo	6,279		
		Rango	1,338		
		Rango intercuartil	,900		
		Asimetría	-,736	,845	
		Curtosis	-,482	1,741	
	Posterior	Media	3,86783	,336051	
		95% de intervalo de confianza para la media	Limite inferior	3,00399	
			Limite superior	4,73168	
		Media recortada al 5%	3,88276		
		Mediana	3,84000		
		Varianza	,678		
		Desv. Desviación	,823152		
		Mínimo	2,667		
		Máximo	4,800		
Rango		2,133			
Rango intercuartil		1,579			
Asimetría	-,239	,845			
Curtosis	-,971	1,741			

Descriptivos					
	Escenario		Estadístico	Desv. Error	
MTBF	Previo	Media	57,13633	1,319464	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	53,74454	
			Límite superior	60,52812	
		Media recortada al 5%	57,24998		
		Mediana	57,41200		
		Varianza	10,446		
		Desv. Desviación	3,232012		
		Mínimo	51,529		
		Máximo	60,698		
		Rango	9,169		
		Rango intercuartil	4,785		
		Asimetría	-1,038	,845	
		Curtosis	1,354	1,741	
	Posterior	Media	201,32000	52,110712	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	67,36515	
			Límite superior	335,27485	
		Media recortada al 5%	198,50372		
		Mediana	168,96000		
		Varianza	16293,158		
		Desv. Desviación	127,644655		
		Mínimo	72,000		
		Máximo	381,333		
		Rango	309,333		
Rango intercuartil	239,833				
Asimetría	,498	,845			
Curtosis	-1,824	1,741			

Anexo N° 8 Datos empleados

		Variable independiente: RCM										Variable dependiente: Disponibilidad						
		Tareas de mantenimiento			Confiabilidad del proceso			Nivel de Prioridad de Riesgo				Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparaciones			
		Tareas cumplidas	Tareas programadas	TM	Inspecciones Hoja RCM	Inspec. Program.	CP	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Horas de operación	N° fallas	MTBF	Horas de mantt.	N° fallas	MTTR	Av.
Pre-test	Mes 1	82	100	82.0%	21	30	70.0%	6.0	8.0	9.0	432	6550.0	113	58.22	650.0	113	5.78	91.0%
	Mes 2	85	100	85.0%	23	30	76.7%	5.0	9.0	8.0	360	6570.0	128	51.53	630.0	128	4.94	91.3%
	Mes 3	78	100	78.0%	19	30	63.3%	6.0	7.0	9.0	378	6525.0	108	60.70	675.0	108	6.28	90.6%
	Mes 4	80	100	80.0%	20	30	66.7%	7.0	8.0	8.0	448	6580.0	116	56.60	620.0	116	5.33	91.4%
	Mes 5	75	100	75.0%	21	30	70.0%	8.0	7.0	7.0	392	6550.0	110	59.55	650.0	110	5.91	91.0%
	Mes 6	70	100	70.0%	18	30	60.0%	7.0	8.0	8.0	448	6500.0	115	56.52	700.0	115	6.09	90.3%
Post-test	Mes 7	90	100	90.0%	25	30	83.3%	5.0	6.0	6.0	180	6750.0	94	72.00	450.0	94	4.80	93.8%
	Mes 8	93	100	92.5%	24	30	80.0%	3.0	6.0	4.0	72	6875.0	69	100.00	325.0	69	4.73	95.5%
	Mes 9	94	100	94.0%	26	30	86.7%	4.0	4.0	4.0	64	6950.0	63	111.20	250.0	63	4.00	96.5%
	Mes 10	97	100	97.2%	27	30	90.0%	3.0	3.0	3.0	27	7085.0	31	226.72	115.0	31	3.68	98.4%
	Mes 11	99	100	98.5%	29	30	96.7%	2.0	3.0	3.0	18	7125.0	23	316.67	75.0	23	3.33	99.0%
	Mes 12	100	100	100.0%	30	30	100.0%	2.0	2.0	2.0	8	7150.0	19	381.33	50.0	19	2.67	99.3%
Escenarios	Previo	78.3	100	78.3%	20.3	30	67.8%	6.50	7.83	8.17	409.67	6545.8	115	57.19	654.2	115	5.72	90.9%
	Posterior	95.4	100	95.4%	26.8	30	89.4%	3.17	4.00	3.67	61.50	6989.2	50	201.32	210.8	50	3.87	97.1%

Anexo N° 9 Analisis AHP completo

Medir indicadores											
	CBM	RCM	Lean Maintenance	TPM	Ciclo de Deming	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
CBM	1	0.13	3.00	4.00	5.00	0.10	0.08	0.29	0.17	0.25	0.18
RCM	8.00	1	6.00	9.00	4.00	0.82	0.61	0.57	0.39	0.20	0.52
Lean Maintenance	0.33	0.17	1	9.00	3.00	0.03	0.10	0.10	0.39	0.15	0.15
TPM	0.25	0.11	0.11	1	7.00	0.03	0.07	0.01	0.04	0.35	0.10
Ciclo de Deming	0.20	0.25	0.33	0.14	1	0.02	0.15	0.03	0.01	0.05	0.05
SUMA	9.78	1.65	10.44	23.14	20.00						

Gestionar trabajo											
	CBM	RCM	Lean Maintenance	TPM	Ciclo de Deming	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
CBM	1	0.13	7.00	6.00	4.00	0.10	0.08	0.41	0.28	0.15	0.20
RCM	9.00	1	9.00	6.00	6.00	0.87	0.65	0.52	0.28	0.23	0.51
Lean Maintenance	0.14	0.11	1	8.00	7.00	0.01	0.07	0.06	0.38	0.27	0.16
TPM	0.13	0.14	0.13	1	8.00	0.01	0.09	0.01	0.05	0.31	0.09

Ciclo de Deming	0.11	0.17	0.14	0.13	1	0.01	0.11	0.01	0.01	0.04	0.03
SUMA	10.38	1.55	17.27	21.13	26.00						

Eliminar errores y demoras											
	CBM	RCM	Lean Maintenance	TPM	Ciclo de Deming	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
CBM	1	0.13	5.00	4.00	6.00	0.11	0.08	0.33	0.22	0.20	0.19
RCM	8.00	1	9.00	7.00	8.00	0.85	0.65	0.59	0.39	0.27	0.55
Lean Maintenance	0.14	0.11	1	6.00	7.00	0.02	0.07	0.07	0.33	0.23	0.14
TPM	0.13	0.14	0.13	1	8.00	0.01	0.09	0.01	0.06	0.27	0.09
Ciclo de Deming	0.11	0.17	0.14	0.13	1	0.01	0.11	0.01	0.01	0.03	0.03
SUMA	9.38	1.55	15.27	18.13	30.00						

Calidad de procesos											
	CBM	RCM	Lean Maintenance	TPM	Ciclo de Deming	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
CBM	1	0.13	6.00	7.00	8.00	0.10	0.08	0.37	0.28	0.31	0.23
RCM	9.00	1	9.00	9.00	8.00	0.87	0.65	0.55	0.36	0.31	0.55

Lean Maintenance	0.14	0.11	1	8.00	4.00	0.01	0.07	0.06	0.32	0.15	0.12
TPM	0.13	0.14	0.13	1	5.00	0.01	0.09	0.01	0.04	0.19	0.07
Ciclo de Deming	0.11	0.17	0.14	0.13	1	0.01	0.11	0.01	0.00	0.04	0.03
SUMA	10.38	1.55	16.27	25.13	26.00						

Facilidad de implementar											
	CBM	RCM	Lean Maintenance	TPM	Ciclo de Deming	MATRIZ NORMALIZADA					VECTOR PROMEDIO
CBM	1	0.13	4.00	7.00	6.00	0.10	0.08	0.28	0.29	0.20	0.19
RCM	9.00	1	9.00	8.00	9.00	0.87	0.65	0.63	0.33	0.30	0.56
Lean Maintenance	0.14	0.11	1	8.00	8.00	0.01	0.07	0.07	0.33	0.27	0.15
TPM	0.13	0.14	0.13	1	6.00	0.01	0.09	0.01	0.04	0.20	0.07
Ciclo de Deming	0.11	0.17	0.14	0.13	1	0.01	0.11	0.01	0.01	0.03	0.03
SUMA	10.38	1.55	14.27	24.13	30.00						

MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES - CRITERIO								
	Medir indicadores	Gestionar trabajo	Eliminar errores y demoras	Calidad de procesos	Facilidad de implementar	MATRIZ NORMALIZADA		VECTOR PROMEDIO

Medir indicadores	1	4.00	5.00	6.00	4.00	0.54	0.70	0.43	0.31	0.22	0.44
Gestionar trabajo	0.25	1	5.00	7.00	3.00	0.13	0.18	0.43	0.37	0.17	0.25
Eliminar errores y demoras	0.20	0.20	1	5.00	2.00	0.11	0.04	0.09	0.26	0.11	0.12
Calidad de procesos	0.17	0.14	0.20	1	8.00	0.09	0.03	0.02	0.05	0.44	0.13
Facilidad de implementar	0.25	0.33	0.50	0.13	1	0.13	0.06	0.04	0.01	0.06	0.06
SUMA	1.87	5.68	11.70	19.13	18.00						

Alternativas	Medir indicadores	Gestionar trabajo	Eliminar errores y demoras	Calidad de procesos	Facilidad de implementar	TOTAL
CBM	0.18	0.20	0.19	0.23	0.19	0.1923
RCM	0.52	0.51	0.55	0.55	0.56	0.5251
Lean Maintenance	0.15	0.16	0.14	0.12	0.15	0.1498
TPM	0.10	0.09	0.09	0.07	0.07	0.0908
Ciclo de Deming	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.0419
PONDERACION	0.44	0.25	0.12	0.13	0.06	

Anexo N° 10 Resultado de la variable independiente

Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) permite asegurar la confiabilidad de los equipos a través de la elaboración de un programa de mantenimiento, lo cual trae consigo el aumento de la eficiencia de la empresa, una reducción de costo, la mejora de la productividad, entre otros beneficios.

Tabla 38

Comparación de escenarios de la metodología RCM

Indicador	Antes	Después	Diferencia
Tareas de mantenimiento	78.3%	95.4%	17.1%
Confiabilidad del proceso	67.78%	89.45%	21.7%
Nivel de Prioridad de Riesgo	409.67	61.50	-348.17

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa una comparación entre dos escenarios: antes de aplicar la metodología RCM y después de haber aplicado el RCM, donde se obtuvo un aumento del indicador tareas de mantenimiento luego de haber implementado el RCM, dejando una diferencia del 17% en total. De igual manera, en el caso de la confiabilidad del proceso se muestra un aumento del porcentaje, dejando una diferencia entre el antes y después del 21.7%. Por otro lado, respecto al nivel de prioridad de riesgo se vislumbra que entre el antes y después de la implementación del RCM hubo una diferencia de -348.17 horas.