



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aplicación de la Metodología RCM para incrementar la
disponibilidad de camiones en la Empresa Salcedo Motors 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Luna Chancasanampa, Jhonatan (orcid.org/0000-0002-4012-5620)

ASESOR:

Añazco Escobar Dixon Groky (orcid.org/0000-0002-2729-1202)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi madre querida por su apoyo incondicional, quien es siempre mi fortaleza. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor de madre.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco de lo más profundo de mi ser a mi tutor por su dedicación, apoyo y paciencia, sin sus palabras y correcciones oportunas no hubiese podido lograr culminar mi trabajo. Gracias por su guía, asesoramiento, acompañamiento continuo, los llevare grabados para siempre en la memoria en mi vida profesional.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I.INTRODUCCIÓN	11
II MARCO TEÓRICO.....	23
III. METODOLOGÍA.....	43
3.1. Tipo y diseño de investigación	44
3.2. Variables y operacionalización.....	45
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	47
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	47
3.5. Procedimientos	48
3.6. Métodos de análisis de datos:.....	49
3.7. Aspectos éticos	49
IV. RESULTADOS.....	50
4.1. Situación inicial	51
4.2. Situación propuesta.....	60
4.3. Análisis descriptivo.....	73
4.4. Análisis inferencial.....	85
V. DISCUSIÓN	99
VI. CONCLUSIONES.....	102
VII. RECOMENDACIONES	104
VIII. REFERENCIAS.....	104
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1	Análisis de Pareto	17
Tabla 2	Pasos previos para aplicar RCM	34
Tabla 3	Información de la empresa	51
Tabla 4	Diagrama de análisis del proceso	58
Tabla 5	Cronograma de actividades	61
Tabla 6	Diagrama de análisis del proceso final	66
Tabla 7	Cronograma de auditorias.....	71
Tabla 8	Nivel de gestión de la variable independiente	73
Tabla 9	Estadísticos descriptivos de la variable independiente.....	74
Tabla 10	Nivel de gestión de la variable dependiente	76
Tabla 11	Estadísticos descriptivos de la variable dependiente.....	77
Tabla 12	Nivel de gestión de la primera dimensión de la variable dependiente.....	79
Tabla 13	Estadísticos descriptivos de la primera dimensión de la variable dependiente	80
Tabla 14	Nivel de gestión de la segunda dimensión de la variable dependiente.....	82
Tabla 15	Estadísticos descriptivos de la segunda dimensión de la variable dependiente.....	83
Tabla 16	Análisis de normalidad de la variable independiente	85
Tabla 17	Análisis de normalidad de la variable dependiente.....	87
Tabla 18	Análisis de normalidad de la dimensión fiabilidad.....	89
Tabla 19	Análisis de normalidad de la dimensión mantenibilidad.....	91
Tabla 20	Estadísticas de muestras relacionadas de la hipótesis general	93
Tabla 21	Correlaciones muestrales relacionadas de la hipótesis general	93
Tabla 22	Análisis estadístico de muestras emparejadas relacionadas la hipótesis general	93
Tabla 23	Estadísticas de muestras relacionadas de la primera hipótesis específica	95
Tabla 24	Correlaciones muestrales relacionadas de la hipótesis general	95
Tabla 25	Análisis estadístico de muestras emparejadas relacionadas la hipótesis general	95
Tabla 26	Estadísticas de muestras relacionadas de la primera hipótesis específica	97
Tabla 27	Correlaciones muestrales relacionadas de la hipótesis general	97
Tabla 28	Análisis estadístico de muestras emparejadas relacionadas la hipótesis general	97

Índice de gráficos y figuras

Figura 1 Diagrama de Ishikawa	15
Figura 2 Diagrama de Pareto.....	18
Figura 3 Análisis de confiabilidad.....	35
Figura 4 Fases del RCM	36
Figura 5 Reparto del tiempo en sistemas.....	41
Figura 6 Ubicación de la empresa.....	52
Figura 7 Organigrama de la empresa	52
Figura 8 Venta de repuestos de la empresa	53
Figura 9 Venta de camiones	54
Figura 10 Venta de generadores	54
Figura 11 Servicio de mantenimiento.....	55
Figura 12 Flujograma del servicio de mantenimiento	56
Figura 13 Diagrama de operaciones del proceso.....	57
Figura 14 Calendario de capacitación del personal.....	63
Figura 15 Hoja de capacitación RCM.....	64
Figura 16 Diagrama de operaciones del proceso final	65
Figura 17 Hoja de decisión RCM	67
Figura 18 Procedimiento para el mantenimiento RCM de vehículos	69
Figura 19 Nivel de gestión de la variable independiente	74
Figura 20 Nivel de gestión de la variable independiente	77
Figura 21 Nivel de gestión de la primera dimensión de la variable dependiente	80
Figura 22 Nivel de gestión de la segunda dimensión de la variable dependiente.....	83
Figura 23 Histograma el escenario anterior a la mejora de la variable independiente	86
Figura 24 Histograma el escenario posterior a la mejora de la variable independiente	86
Figura 25 Histograma el escenario anterior a la mejora de la variable dependiente.....	88
Figura 26 Histograma el escenario posterior a la mejora de la variable dependiente	88
Figura 27 Histograma el escenario anterior a la mejora de la dimensión fiabilidad	90
Figura 28 Histograma el escenario posterior a la mejora de la dimensión fiabilidad.....	90
Figura 29 Histograma escenario anterior a la mejora de la dimensión mantenibilidad	92
Figura 30 Histograma escenario posterior a la mejora de la dimensión mantenibilidad....	92

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa salcedo motors 2019.

La población está conformada por los registros de mantenimiento de camiones durante los 8 meses analizados, 4 meses antes y 4 meses después, en la empresa salcedo motors periodo 2019. La población y muestra están conformadas por los registros de mantenimiento de camiones durante los 8 meses analizados, 4 meses antes y 4 meses después, en la empresa salcedo motors periodo 2019. La metodología de investigación fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, de diseño preexperimental y de corte longitudinal. Los resultados evidenciaron que ante la aplicación de la metodología rcm la disponibilidad media del escenario previo era de 91.77% y logro incrementarse a 98.3% en la media del escenario posterior. Finalmente, se concluye que la aplicación de la metodología RCM incrementa la disponibilidad de camiones de la empresa salcedo motors 2019, lo cual fue validado con el análisis estadístico inferencial con la prueba t-student donde se halló un nivel de significancia de $0.007 < 0.05$, de esta manera se logra evidenciar la mejora propuesta en esta investigación.

Palabras Clave: Mantenimiento centrado en la confiabilidad , sistemas de mantenimiento, zona de mantenimiento

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine to what extent the application of the RCM methodology will increase the availability of trucks of the company salcedo motors 2019.

The population is made up of the truck maintenance records during the 8 months analyzed, 4 months before and 4 months later, in the company salcedo motors period 2019. The population and sample are made up of the truck maintenance records during the 8 months analyzed, 4 months before and 4 months after, in the company salcedo motors period 2019. The methodology of the research was of a quantitative approach, applied type, pre-experimental design and longitudinal section. The results showed that before the application of the rcm methodology the average availability of the previous scenario was 91.77% and it managed to increase to 98.3% in the average of the later scenario. Finally, it is concluded that the application of the RCM methodology increases the availability of trucks of the company salcedo motors 2019, which was validated with the inferential statistical analysis with the t-student test where a significance level of $0.007 < 0.05$ was found, in this way, the improvement proposed in this research is demonstrated.

Keywords: Maintenance focused on reliability, maintenance systems, maintenance area

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

A nivel internacional se cuenta con la información provista por Emovon, Norman y Murphy (2016), se menciona que para que los sistemas de mantenimiento sean confiables es necesario contar con un respaldo metodológico para su ejecución. En este sentido; se propone al RCM como soporte para el lineamiento de dichas actividades dado que cuentan con un sistema sólido para la gestión. Dicho mecanismo se basa en tres elementos principales para los sistemas de gestión del mantenimiento, ellos son la evaluación de riesgos, la selección de estrategias de mantenimiento y determinación del intervalo de tareas de mantenimiento. Es por ello que la implementación de estos elementos generalmente determinará el nivel de seguridad y confiabilidad. Los resultados concluyen que existe la necesidad de desarrollar herramientas alternativas dentro del marco de RCM que estos sean mucho más eficientes en términos de procesamiento de datos y se eviten las limitaciones para tener un sistema de planta más seguro y confiable.

Por otro lado, de acuerdo con O'Brien, Ijumba y Saha (2015) donde se realiza una revisión sobre las virtudes que posee la metodología RCM para lograr un mantenimiento eficiente en distintos equipos de transporte para su confiabilidad y reparaciones, dado que este aspecto es un factor crítico en muchas compañías a nivel mundial. Se establecen necesidades de renovación en activos complejos y críticos basados en la falla constante y las tasas de reparación. Los activos críticos son aquellos para los cuales los impactos financieros y de nivel de servicio de la falla justifican la evaluación y restauración proactiva. Su valor se basa en la respuesta a las siete preguntas sobre las funciones, fallas funcionales y sus causas, así como las acciones correctivas necesarias para determinar las estrategias de mantenimiento más apropiadas. Se sostiene que la principal contribución de este método se basa en la mejora de los indicadores claves del rendimiento para evaluar la efectividad de los programas, ello es posible analizando los el tiempo entre fallas y el tiempo entre reparaciones, además del promedio anual del costo de reparación.

En Ghorani, Fotuhi, Dehghanian y Li (2015) se desarrolla la utilidad del RCM para el mantenimiento de grandes y complejas maquinarias que colaboran en el

transporte en la industria de energía eléctrica. En este sentido, se comenta que dicho método permite reducir los costos y gastos de operaciones del mantenimiento dado que proporciona un lineamiento para conservar las maquinas en mejor estado por su constante supervisión y control; todo ello sin olvidar el control de calidad necesario para la confiabilidad de los equipos, puesto que en esta industria se requiere de un alto nivel de cumplimiento para abastecer de energía a las ciudades. La evaluación en este caso se centra en las posibilidades que pueda suceder una interrupción de los componentes y las consecuencias que ello trae basándose en los costos. Finalmente, esta metodología es capaz de reconocer eficientemente la importancia individual y la contribución de cada componente en los casos no solo de primer orden sino también de contingencias de orden superior.

A nivel nacional, de acuerdo con SUTRAN (2018), mediante la Ley N° 29237, brinda un sistema para regular los sistemas de mantenimiento de flotas y vehículos de transporte lo que implica el cumplimiento de ciertos parámetros y condiciones técnicas para la operación; ello permite garantizar la seguridad del tránsito gracias a la disponibilidad de los vehículos para el cumplimiento de su ruta. Si bien es cierto no se estable una metodología guía para este proceso, se mencionan aspectos importantes para controlar las reparaciones mediante el número de observaciones y las condiciones técnicas de los talleres. Es por ello que contar con una metodología como el RCM permite definir claramente los procesos a seguir, considerando la situación inicial de cada vehículo para evaluar los tiempos entre fallas y reparaciones a través del proceso que se propone.

Por otro lado, en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) se menciona la importancia de los vehículos de transporte de carga pesada y de pasajeros para integrar todo el sistema de vías en nuestro país. Dado que estos vehículos circulan durante muchas horas por su largo trayecto, es importante que se cuente con una alta disponibilidad para sus labores, lo que se sostiene en un correcto sistema de mantenimiento para disminuir las fallas y paradas no programadas. En este sentido, se sostiene que la inversión en sistemas de mantenimiento debe ser una constante porque es un esfuerzo con miras hacia el futuro, ello se refleja en la información financiera sobre los costos operativos

(combustible y gasto extra en reparaciones) en los siguientes periodos, es por ello que se requiere una sostenibilidad con posibilidades de desarrollo.

Adicionalmente, en Berger et al. (2015) se menciona la importancia de la metodología RCM para mejorar el mantenimiento de equipos en una empresa pesquera del Perú. Su empleo, acompañado de otras técnicas permiten un estudio a profundidad del comportamiento de las 10 maquinarias en búsqueda de una mejora en su disponibilidad, ello se basa en un sistema de confiabilidad que controla el tiempo entre fallas y de reparaciones con una adecuada identificación de los problemas que acontecen y dificultan el óptimo funcionamiento de los motores de los equipos de transporte de la empresa pesquera. Uno de los objetivos de este método es alargar la vida útil de los equipos, ello permite reducir costos y programar una reposición de las maquinarias con mayor tiempo. Finalmente, mediante el cálculo del tiempo medio entre fallas es posible determinar la frecuencia óptima para la intervención de los vehículos, lo que incluye programar las labores de mantenimiento preventivo.

A nivel local, se comenta que la empresa en análisis es Salcedo Motors, la cual se encarga de ofrecer soluciones de transporte para la carga pesada. En el ejercicio de sus labores se ha observado ciertas deficiencias en la disponibilidad de los vehículos, ello se debe a que no existe una metodología para el mantenimiento de los mismos y es por ello que existe un alto costo operativo en este factor. Para la identificación de la problemática se presenta el diagrama de Ishikawa donde se explica cada uno de ellos a través del enfoque de la rama a donde pertenecen; posteriormente se evalúan dichas causas en el análisis de Pareto para identificar los puntos críticos a mejorar y que generan alto impacto en el problema de la compañía de vehículos.

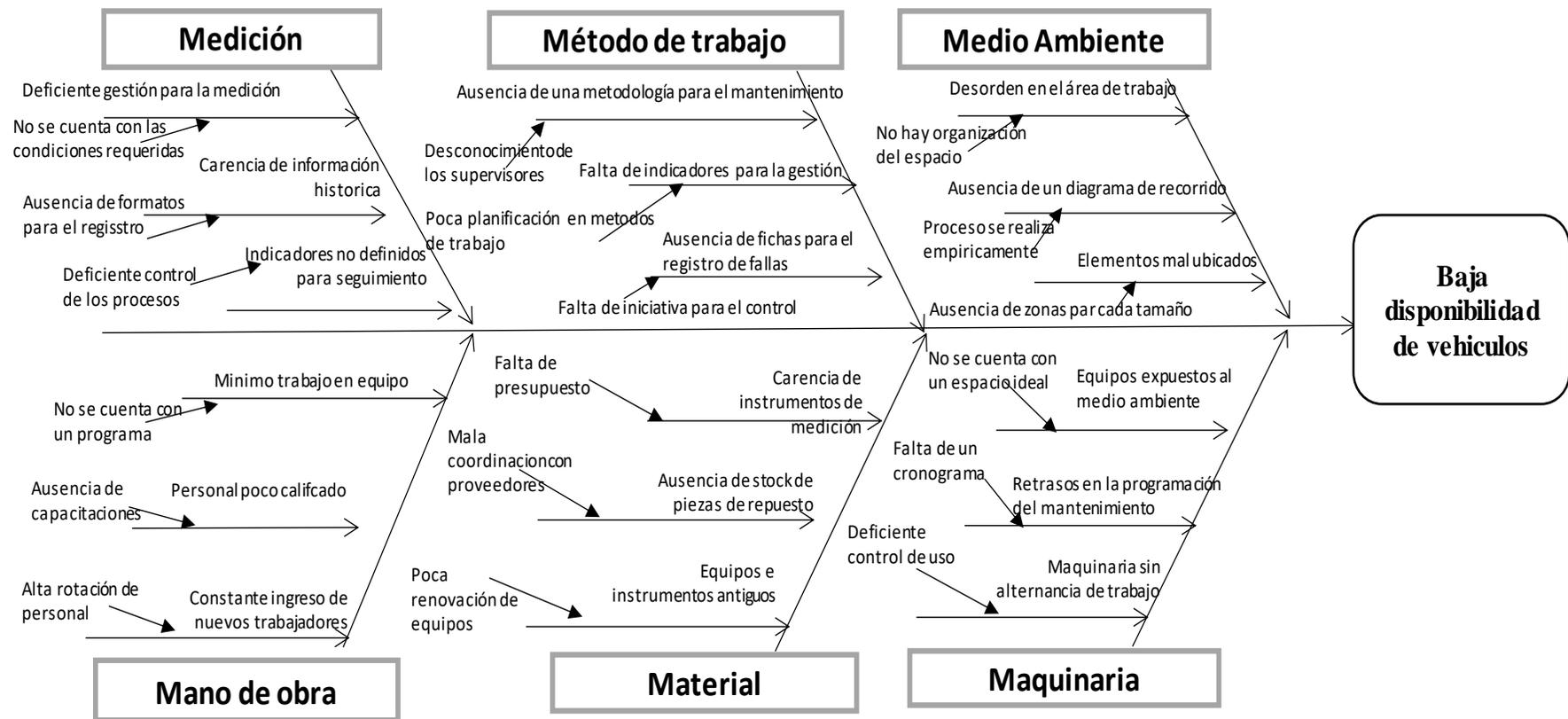


Figura 1 Diagrama de Ishikawa
Elaboración propia

En la figura anterior se observan las causas que originan la baja disponibilidad de vehículos en la empresa de análisis. Por parte del método de trabajo se observa la ausencia de una metodología para el mantenimiento de maquinarias y equipos, lo que es generado por el desconocimiento de técnicas por parte de los supervisores; luego existe una falta de indicadores para la gestión, ello se debe a que existe poca fijación en métodos de trabajo y, como tercera causa, se muestra la ausencia de fichas para el registro de fallas en los vehículos, lo que se da por la falta de iniciativa para el control y supervisión. Desde otra perspectiva, respecto a la medición se encontró una deficiente gestión originada porque no se cuenta con las condiciones requeridas, luego se halló la carencia de información histórica por ausencia de formatos para el registro y no existen indicadores definidos para el seguimiento, ello se debe a un deficiente control de los procesos.

Por otro lado, respecto al medio ambiente se determinó que existe un desorden en el área de trabajo dado que no hay una organización adecuada del espacio de trabajo, luego está la ausencia de un diagrama de recorrido porque los procesos se realizan de manera empírica y finalmente, los elementos de trabajo se encuentran mal ubicados en tanto que se da la ausencia de zonas para cada tamaño. Desde la perspectiva de la maquinaria y equipo para dichas labores se determinó que los equipos se encuentran expuestos constantemente al medio ambiente dado que no se cuenta con un espacio ideal para su almacenamiento, luego existen retrasos en la programación del mantenimiento por falta de un cronograma bien estructurado y a maquinaria no tiene alternancia de trabajo por su deficiente control de uso.

En las deficiencias de la mano de obra se encontró un mínimo trabajo en equipo por parte de los colaboradores porque no se cuenta con un programa estructurado, luego el personal de trabajo está poco calificado por la ausencia de capacitaciones sobre el mantenimiento de vehículos y existe un constante ingreso de nuevos trabajadores por la alta tasa de rotación del personal operativo. Finalmente, respecto al material de trabajo se observa la carencia de instrumentos de medición por la falta de presupuesto en el tema, la ausencia de stocks de piezas de repuesto claves en la reparación de equipos, ello se debe a una mala coordinación entre los proveedores y existen equipos e instrumentos antiguos como parte de la política de

poca renovación por parte de la empresa. Para esclarecer el nivel de influencia de cada una de estas causas se presenta la siguiente tabla con el análisis de Pareto para puntuar y aproximar porcentualmente los resultados.

Tabla 1
Análisis de Pareto

N°	Descripción de Partida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Punt	F. Rel.	F. Acum.
1	Ausencia de una metodología para el mantenimiento	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100	21%	21%
2	Falta de indicadores para la gestión del mantenimiento	10	10	9	10	10	8	9	9	10	9	94	20%	41%
3	Ausencia de fichas para el registro de fallas	10	10	9	9	8	8	10	9	10	10	93	20%	61%
4	Personal poco calificado	10	9	10	8	9	10	8	9	9	8	90	19%	80 %
5	Indicadores no definidos para seguimiento	2	2	1	2	1	2	1	3	2	2	18	4%	83%
6	Carencia de información histórica	1	2	2	1	0	2	1	2	2	0	13	3%	86%
7	Deficiente gestión para la medición	2	0	1	1	0	2	1	1	2	1	11	2%	88%
8	Mínimo trabajo en equipo	0	1	1	1	1	0	1	2	1	1	9	2%	90%
9	Constante ingreso de nuevos trabajadores	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	8	2%	92%
10	Ausencia de stock de piezas de repuesto	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	8	2%	94%
11	Retrasos en la programación del mantenimiento	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	6	1%	95%
12	Ausencia de un diagrama de recorrido	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	5	1%	96%
13	Maquinaria sin alternancia de trabajo	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	4	1%	97%
14	Equipos e instrumentos antiguos	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	5	1%	98%
15	Elementos mal ubicados	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	5	1%	99%
16	Equipos expuestos al medio ambiente	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1%	100%
17	Carencia de instrumentos de medición	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0%	100%
18	Desorden en el área de trabajo	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0%	100%
Total												474	100%	

Elaboración propia

En la tabla anterior se detallan las puntuaciones de los encuestados en cada una de las causas mencionadas como las originarias del problema de la baja disponibilidad de vehículos. En primer lugar, se encuentra la ausencia de una metodología para el mantenimiento con 100 puntos en total y una equivalencia del 21% sobre la influencia total, en segundo lugar, se ubica la falta de indicadores para

la gestión del mantenimiento con 94 puntos y el 20% de la frecuencia relativa. Otros aspectos importantes fueron la ausencia de fichas para el registro de fallas (93 puntos y 20% de frecuencia), personal poco calificado (90 puntos y 20% de frecuencia), la presencia de indicadores no definidos para seguimiento (18 puntos y 4% de frecuencia), la falta de datos históricos (13 puntos y 3% de frecuencia) entre otros. En total se contabilizaron 18 causas que afectan al problema principal y todas ellas fueron puntuadas de acuerdo al grado de dominio que ejercen de acuerdo a los encuestados expertos en el tema. A continuación, mediante la siguiente figura se observa en análisis gráfico de la información mostrada en donde se aclara el concepto de Pareto que señala que el 20% de las causas origina el 80% del problema.

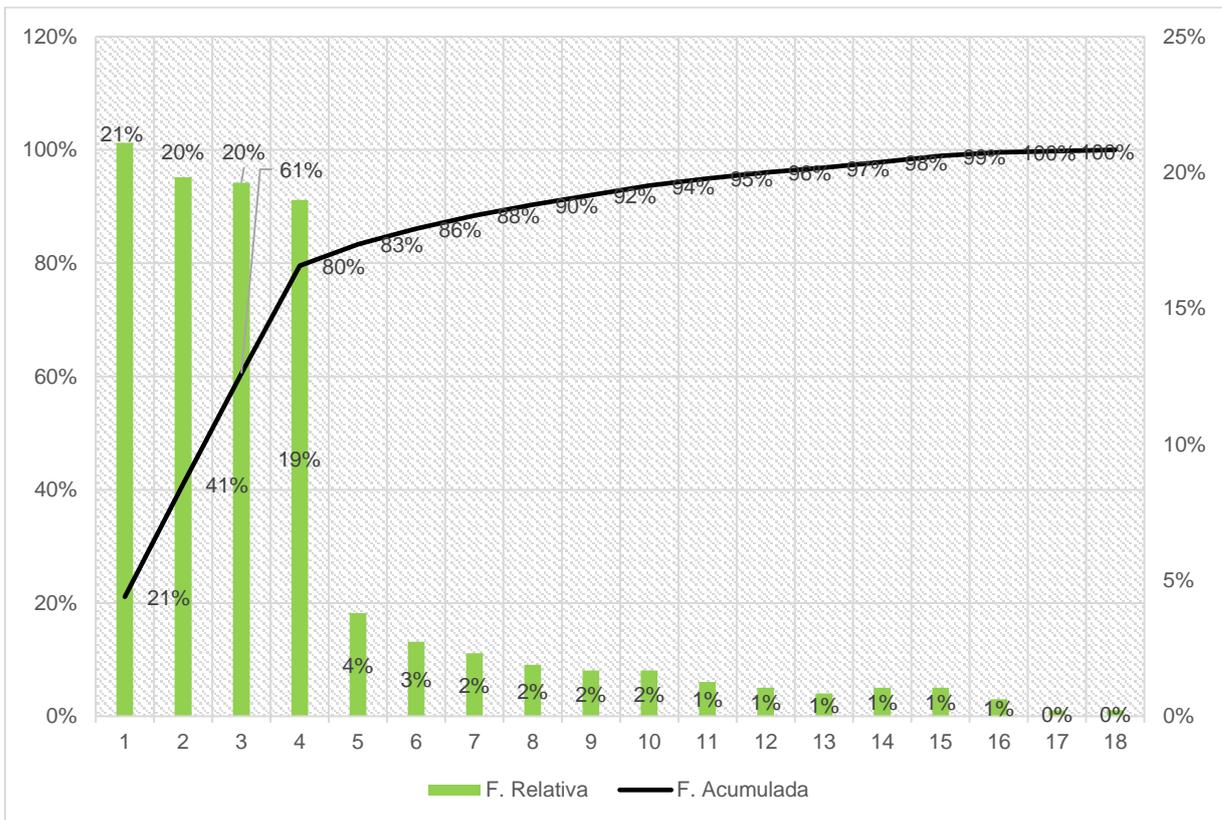


Figura 2 Diagrama de Pareto

Elaboración propia

En la figura anterior se observa el diagrama de Pareto donde se consideran tanto la frecuencia relativa como acumulada de las causas que originan el problema principal de la falta de disponibilidad de vehículos en la empresa. En primer término,

se detallan las frecuencias relativas en forma de columnas, en este punto es claro observar que las 4 primeras representan las barras más altas en comparación con el resto, ellas son la causa de ausencia de una metodología para el mantenimiento (21%) la falta de indicadores para la gestión del mantenimiento (20%) la ausencia de fichas para el registro de fallas (20%) y personal poco calificado (19%); entre ellas se logra acumular el 80% de explicación del problema, es decir, si implementamos mejoras que logren solucionar dichos inconvenientes se podrá impactar de gran manera al problema central, generando un alto beneficio para el proceso dentro de la empresa. Luego, con porcentajes muchos menores, tales como 4%, 3% 2%, hasta llegar al 0%, se encuentran las demás causas que no afectan, cuantitativamente, de forma relevante al problema de estudio. Es por ello que la presente investigación se planteará para mejorar los aspectos mencionados en base a una metodología de respaldo, tal como el RCM.

Formulación del problema

Problema general

¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019?

Problemas específicos

¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementará el tiempo entre fallas de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019?

¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM disminuirá el tiempo entre reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019?

Objetivos

Objetivo General

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Problemas específicos

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementará el tiempo entre fallas de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM disminuirá el tiempo para reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Justificación del estudio

Un aspecto central en la introducción al tema de estudio es justificar la motivación para realizarla, es por ello que en este punto se procede a fundamentar las motivaciones y los aspectos que justifican la investigación, tanto desde una perspectiva teórica, práctica y social, las cuales se explican en las siguientes líneas:

Justificación teórica

El soporte teórico para aplicar metodologías o técnicas es importante para el éxito de la propuesta, en tanto que se requiere conocer a profundidad los aspectos importantes a desarrollar en la realidad. De forma complementaria, el análisis teórico contribuye a la acumulación de información. Es por ello que según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) este tipo de revisión es importante en las investigaciones dado que "es necesario hacer un balance o estado de la cuestión del problema que se investiga, explicar si va servir para refutar resultados de otras

investigaciones en debate o ampliar un modelo teórico” (p.221). Entonces, desde una perspectiva teórica la mejora del funcionamiento, disponibilidad y confiabilidad de maquinarias y equipos siempre será de interés para las ciencias de Ingeniería dado la búsqueda por optimizar los procesos y recursos en una empresa; en este caso se da con la mejora de la disponibilidad de vehículos de transporte se da a través del RCM.

Justificación práctica

El carácter práctico de toda investigación es inherente a su realización, puesto que se desea resolver un problema real que afecta al desarrollo óptimo de las operaciones. En este sentido, de acuerdo con Valderrama (2019) en la justificación práctica se resuelven interrogantes como “¿el resultado de la investigación ayudará a solucionar los problemas de una empresa? De igual manera, responde a la pregunta: ¿el resultado de la investigación será una solución a problemas de tipo académico, que permitirá mejorar la situación actual?” (p.141). En otras palabras, se puede mencionar que de manera práctica la investigación desea brindar una solución al problema de la baja disponibilidad de equipos, lo cual es una situación real en la empresa de análisis, es por ello que se pretende inculcar un régimen basado en el RCM para alcanzar la mejora continua.

Justificación metodológica

El uso de técnicas y métodos para resolver problemas es necesario porque proporcionan los lineamientos necesarios para el éxito. En este sentido, de acuerdo con Silvestre y Humana (2019) “sí los métodos procedimientos, técnicas e instrumentos diseñados y empleados en el desarrollo de la investigación, tienen validez y confiabilidad, y al ser empleados en otros trabajos de investigación resultan eficaces” (p173). En la presente investigación se utilizan herramientas y formatos para el control del mantenimiento de equipos como parte de la implementación de la metodología RCM, es por ello que se puede afirmar que esta investigación cuenta con este tipo de metodología.

Justificación económica

El hecho de aplicar una mejora significa utilizar recursos económicos para los cambios, entonces, los resultados deben justificar algún beneficio en este tema. En palabras de Hernández y Mendoza (2018) la viabilidad es un elemento que también se valora y se pondera según el tiempo, los recursos y las capacidades ¿es posible llevar a cabo el estudio? ¿Tengo o tenemos los recursos para hacerlo? (p.396). Al mejorar la disponibilidad de los equipos se logrará reducir costos por el concepto de mantenimientos por averías, en este sentido, se logra incrementar el beneficio para los accionistas de la compañía; es por ello que la investigación cuenta con justificación económica.

Hipótesis

Hipótesis General

La aplicación de la metodología RCM incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Hipótesis específicas

La aplicación de la metodología RCM incrementará el tiempo entre fallas de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

La aplicación de la metodología RCM disminuirá el tiempo entre reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

II MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO.

Trabajos previos

Antecedentes nacionales

A nivel nacional, se comenta el trabajo desarrollado por Ramírez y Yanac (2019) titulado “Implementación del RCM para incrementar la productividad en una empresa convertidora de bolsas de papel, Lima, 2019”; para alcanzar el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Cesar Vallejo, Lima. En dicho estudio se tuvo como objetivo principal aplicar la metodología RCM para incrementar la disponibilidad de equipos, ello cual se refleja en los indicadores de MTTR Y MTBF; esto fue posible mediante el análisis de la situación inicial, la identificación de los puntos críticos, el diseño del plan de mejora y su posterior aplicación para finalmente, evaluar los indicadores posteriores al cambio. La metodología fue de tipo cuantitativo y aplicado, dado que se busca mejorar la realidad; guarda un enfoque descriptivo en tanto que detalla los aspectos a cambiar, de diseño cuasi experimental y de alcance longitudinal. Las principales herramientas empleadas fueron la ficha de recolección de datos, cuestionario de preguntas, cuadros y figuras en formato Excel. La población y muestra corresponde al análisis de 8 semanas.

El análisis de los resultados evidenció el cambio en los niveles de mantenimiento de las maquinas por la aplicación del RCM. Por un lado, se observa que el indicador MTBF (tiempo medio entre fallas) paso de 378 horas en la situación previa a 1270.6 en el escenario posterior; el indicador MTTR (tiempo medio de reparación) también experimento un cambio similar, en tanto que paso de 80.8 horas en el escenario inicial a 27.8 al final; ambos indicadores determinan un cambio en la disponibilidad del 10.4 % El análisis estadístico inferencial permite determinar que la metodología RCM mejora la disponibilidad de los equipos y su productividad dado que se halló una significancia de $0.000 < 0.05$. Finalmente, se recomienda un seguimiento mensual a todos los equipos para mejorar su situación en búsqueda de la mejora continua y fortalecer la productividad.

Se cuenta con la investigación realizada por López (2018) denominada “Aplicación de la metodología RCM en colectores de polvo en una empresa cementera para mejorar su confiabilidad”, para alcanzar el título profesional de Ingeniero Mecánico por la Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Dicho trabajo tuvo como objetivo principal la aplicación de la metodología MRP y RCM para incrementar la disponibilidad de los vehículos, ello se refleja en la mejora de los indicadores de MTBF Y MTTR, lo que indica el tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparaciones. La metodología fue de tipo cuantitativo y aplicado, dado que los resultados fueron datos numéricos de la realidad; guarda un enfoque descriptivo – explicativo y de diseño cuasi experimental. Las principales herramientas empleadas fueron la ficha de recolección de datos, cuestionario de preguntas, cuadros y figuras en formato Excel. La población y muestra corresponde al análisis de 250 días de muestras del filtro 3424 posee la empresa.

Los resultados determinaron el cambio en los indicadores de confiabilidad de los equipos. En este sentido, respecto al tiempo medio entre fallas, se determinó un valor inicial de 80 días y luego de la implementación de la mejora fue de 150 días, esto representa un incremento del 86%. Por otro lado, el tiempo medio para la reparación del equipo también mejoró dado que en la situación previa pasó de 30 minutos a 15 minutos luego de la aplicación. Adicionalmente, se calcula una mejora de la confiabilidad del equipo pasó de 0.4 a 0.46 durante los 250 días evaluados, ponderando este factor por los días transcurridos significa un cambio del 75%. Desde la perspectiva económica, se calcula que los costos de mantenimiento con la aplicación de esta metodología son de S/ 19,558 soles, lo que significa un gran ahorro dado que hasta el año 2016 se contabilizó un gasto de mantenimiento y reparaciones de S/ 40,667 soles.

De acuerdo con el trabajo de Díaz y Garate (2017) llamado “Implementación de un plan de mantenimiento y aplicación de un cuadro de mando para el incremento de la productividad de la planta de procesamiento de granos andinos de Villa Andina SAC, en el año 2016”, para alcanzar el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Privada del Norte, Lima; la cual tuvo el objetivo principal de aplicar un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM y lograr un cambio en la

disponibilidad. Ello fue posible mediante el análisis de la situación inicial, el diseño de un plan para su posterior aplicación y, por último, medir el impacto de estos cambios en los indicadores de MTTR y MTBF para conocer el nivel de productividad de las maquinarias. La metodología fue de tipo cuantitativo y aplicado con un enfoque descriptivo y de diseño cuasi experimental. La principal herramienta utilizada fue la ficha de recolección de datos, además de cuadros y figuras en formato Excel. La población y muestra corresponde a 12 meses (6 previos y 6 posteriores).

Los resultados mostraron los niveles finales de la situación respecto al índice de confiabilidad de los equipos que fue de 99.85%, ello se basa en el cálculo del MTBF, el tiempo medio entre reparaciones de 825.6 horas y un tiempo medio para la reparación (MTTR) de 1.2 horas. El cambio es sustancial en tanto que dentro del análisis inicial este factor era menor al 90%; es por ello que se obtiene una mejora de la productividad de 0.42 a 0.53 kilos de producción por sol. Por otro lado, también se observa una reducción del costo de mantenimiento externo de los equipos, dado que al inicio representaba el 40% del total y en el final fue de 24.5%. Finalmente, se concluye que la aplicación de la mejora ha logrado los resultados esperados y se sustenta que la metodología RCM es eficiente.

De acuerdo con el trabajo de Aldana y Cornetero (2017) denominado “Gestión del mantenimiento utilizando la herramienta RCM para aumentar la productividad de los vehículos en la Empresa Transporte Chiclayo S.A. – 2017”; para alcanzar el título profesional de Ingeniero Industrial por la Universidad Señor de Sipán, Pimentel; el objetivo principal de dicha investigación fue aplicar un plan de mantenimiento basado en RCM para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los vehículos que posee la empresa. Esta finalidad se logró mediante el diagnóstico de la situación inicial, determinando los puntos críticos a mejorar, elaborando una propuesta de mejora para su aplicación y medir el impacto en los indicadores. La metodología empleada corresponde al tipo cuantitativo y aplicado, dado que los resultados son numéricos sobre la realidad; posee un enfoque descriptivo porque menciona los aspectos a mejorar y de diseño cuasi experimental. La herramienta

fue la ficha de recolección de datos; adicionalmente la población y muestra corresponde al análisis de 50 vehículos durante 12 meses.

Los resultados detallaron los cambios correspondientes por la aplicación de dicha mejora, en tanto, en la situación previa, se requería de 3 a 4 reparaciones mensuales y posterior a la mejora solo se necesitaba de 1. Por otro lado, la disponibilidad (basada en la productividad) paso de 73% a 85% dado que se aplicaron 10 fases de la metodología RCM con una detallada explicación de los cambios que se requieren en cada proceso. Desde la perspectiva económica, se logró un beneficio por la aplicación de la mejora, lo cual se expresa en el indicador de costo beneficio de 1.34, es decir una rentabilidad de S/ 0.34 soles por cada sol invertido; adicionalmente, se menciona que el gasto en fallas se ha reducido puesto que estas ocurren en un 15% menos. Finalmente, se recomienda la ejecución de esta metodología en otras áreas de la empresa que necesiten un mejor operativa y mantener un régimen de supervisión constante para seguir el cronograma que sustenta los cambios.

Según Cáceres (2016) en su trabajo denominado “La aplicación del RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquina secadora circular 2400x de la empresa Corporación Jarcon S.A.C”, para alcanzar el título profesional de Ingeniero Mecánico por la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo; tuvo el objetivo principal de incrementar la disponibilidad del equipo mediante el uso de la metodología RCM. Para este fin se realizó el listado de posibles fallas en los sistemas del componente, se efectuó un análisis de los modos de falla para aplicar la propuesta y finalmente, medir el cambio en los indicadores. La metodología corresponde al tipo tecnológica, cuantitativa y aplicada, de un enfoque descriptivo y explicativo porque se mencionan los cambios a realizar y de diseño cuasi experimental. Las principales herramientas empleadas fueron la ficha de recolección de datos mediante una tabla de registro de paradas; la población y muestra se constituyó por 12 máquinas evaluadas en 8 meses, 4 previos a la mejora y 4 posterior a ella).

Los resultados muestran los cambios ocurridos en la disponibilidad de las maquinas; en este sentido, se observa que al inicio se requería de un tiempo promedio para el mantenimiento (MTTR) de 4 horas lo que significaban 2 fallas al mes, además las horas de para del equipo fueron de 10 horas y en promedio se obtuvo una disponibilidad del 89.43 %. Respecto al escenario final se muestra que tiempo necesario promedio para el mantenimiento (MTTR) de 3 horas lo que significaban 1 falla al mes, además las horas de para del equipo fueron de 9 horas y en promedio se obtuvo una disponibilidad del 90.78 %. Por otro lado, el indicador MTFB pasó de 41 a 46 días por la implementación de la mejora. Finalmente, se recomienda la implementación de un mantenimiento preventivo basado en dicha metodología en todas las máquinas y equipos de la empresa para mejorar el nivel de cumplimiento de las actividades.

Antecedentes internacionales

A nivel internacional, se cuenta con el trabajo de Tudon, Zuñiga, Lerma y Mendez (2019) titulado "Implementation of the RCM methodology in pleating machine", como parte de una investigación para la revista Journal of Quantitative and Statistical Analysis. En dicha investigación la finalidad fue implementar la metodología RCM para incrementar la disponibilidad del equipo en análisis; en este sentido, se realizó el diagnóstico de la situación inicial, se identificaron los puntos críticos para aplicar el plan, posteriormente se evaluaron los indicadores para observar en cambio por el uso de la metodología. También se menciona que el RCM contribuye a la actualización de programas de mantenimiento para lograr un aumento del indicador MTBF (Tiempo promedio entre fallas) y la disminución del MTTR (tiempo medio de reparación), entonces desempeña un papel importante dentro del sector industrial. La metodología fue de tipo cuantitativo y aplicado con un enfoque descriptivo y de diseño cuasi experimental. La principal herramienta empleada fue la ficha de recolección de datos; la población y muestra corresponde a 1 equipo evaluado durante 32 semanas.

Los resultados mostraron un cambio sustancial en la disponibilidad de los equipos en tanto que, en primer lugar, el indicador del tiempo medio entre fallas (MTBF)

pasó de 5,566.7 a 14,785.21 minutos, en el escenario pre y post, respectivamente. Por otro lado, el tiempo medio entre reparaciones (MTTR) también experimentó una mejora, lo que se refleja en la disminución de 49.133 minutos en la situación inicial a 10 minutos en el escenario posterior a la metodología. Finalmente, se concluye que el uso de la RCM es importante, ya que condujo al desarrollo de un programa preventivo plan de mantenimiento que contribuiría a la mejora del MTBF y MTTR indicadores para reducir el tiempo de inactividad de la máquina y, por lo tanto, lograr un aumento en la producción.

Según la investigación efectuada por Fang et al. (2019) denominada “Application of Reliability-Centered Maintenance in Metro Door System”, como parte de un artículo para IEE Access tuvo como finalidad aplicar la metodología RCM en búsqueda de una mejora en la disponibilidad de los equipos. Este análisis incluye la evaluación de los indicadores de MTTR y MTBF para considerar si el impacto ha sido el esperado. Para la implementación, en primer lugar, se introducen los datos de los subsistemas y componentes de MDS, luego se propone un método de FMECA para definir el grado de peligro de 10 modos de falla de 5 componentes con alta tasa de fallas para realizar análisis de confiabilidad. Por último, se añade el mantenimiento centrado en la fiabilidad. La estrategia se realiza después de la decisión del modo de mantenimiento y el cálculo del ciclo del intervalo, ello proporciona una base teórica para el mantenimiento del tren del metro. La metodología fue de tipo cuantitativo y aplicado con un enfoque descriptivo y de diseño cuasi experimental. La principal herramienta fue la ficha de recolección de datos; además la población y muestra corresponde a las puertas de un metro durante 10 semanas.

Los resultados determinaron el proceso a seguir, primero los modos de mantenimiento de los componentes se realizaron a partir de un diagrama de decisión lógica RCM y el ciclo de mantenimiento se calcula en la disponibilidad típica, de modo que la estrategia RCM finalmente se desarrolla y con ello, se logra un cambio en los indicadores de la disponibilidad de los equipos. En este sentido, en el tiempo medio entre fallas (MTBF) se determinó un valor inicial de 34.78 días y luego de la implementación de la mejora fue de 74.46 días, esto representa un incremento del 114%. Por otro lado, el tiempo medio para la reparación del equipo

(MTTR) también mejoró dado que en la situación previa paso de 3.1 a 1.43 días luego de la aplicación, es decir, una reducción del 54%. Por último, se concluye que a través del desarrollo de la estrategia RCM, las decisiones comerciales para el mantenimiento ser más confiable para lograr uniformidad de seguridad y economía.

De acuerdo con la investigación de Hipni, Tian y Rimawan (2018) llamada "Implementation MTBF (Mean Time Between Failures) to Reduce Cost of Maintenance Painting Line & Product Defect at Sparepart Accessories Factory" para la revista International Journal of Innovative Science and Research Technology; la cual tuvo como objetivo principal aplicar la metodología RCM para incrementar la disponibilidad en los equipos de la empresa, ello a su vez permite una reducción de los costos de mantenimiento. Este trabajo fue posible mediante la evaluación de la situación inicial, la identificación de los puntos críticos y la aplicación del plan para calcular los indicadores del cambio. Para el mantenimiento de los equipos de forma óptima, se calculó el RCM en la atención no programada respecto a la programada; se logró la preparación del programa de mantenimiento preventivo basado en la evaluación de esta metodología en la máquina de línea de pintura. La metodología fue de tipo cuantitativo y aplicado y de diseño cuasi experimental. Las principales herramientas fueron la ficha de recolección de datos y el diseño de un Layout; la población y muestra corresponde a 12 meses de evaluación.

El análisis de los resultados mostró un cambio en los niveles de mantenimiento de las maquinas por la aplicación del RCM. Por un lado, se evidencia que el indicador MTBF (tiempo medio entre fallas) paso de 1 mes en la situación previa a 24 meses en el escenario posterior; el indicador MTTR (tiempo medio de reparación) también experimento un cambio similar, en tanto que paso de 84 horas en el escenario inicial a 3.5 horas al final, es decir, una reducción del 95.8%. Por otro lado, también se redujo el número de fallas que fue de 12 a 0.5 en un año; además se obtuvo un ahorro por 16 millones de rupias por el concepto de reparaciones, con un cambio del 75%. Por lo tanto, la preparación del programa de mantenimiento preventivo basado en la evaluación RCM en la línea de pintura máquina aumenta el valor de MTBF para aumentar la fiabilidad.

Para Bhangu, Pahuja y Shing (2017) en su investigación titulada “Enhancing reliability of thermal power plant by implementing RCM policy and developing reliability prediction model: a case study” que tuvo como finalidad aplicar la metodología RCM para mejorar la disponibilidad de los equipos mediante el cálculo de los indicadores de MTTR y MTBF. Se menciona que la implementación de RCM es una política que permite la planificación de programas de mantenimiento para resolver el problema de cortes forzados, largos tiempos de inactividad y poca confiabilidad. Además, esta metodología se ha demostrado beneficiosa en varios sectores industriales, pero el sector de generación de energía carece su uso, especialmente en la región donde se ha realizado un estudio de caso. Su criterio basado en siete pasos que han sido agrupados en tres pasos estructurados principales: definir, analizar y actuar. La metodología fue de tipo cuantitativo y aplicado, guarda un enfoque explicativo y de diseño cuasi experimental. La población y muestra corresponde al análisis de 27 equipos durante 48 meses.

Luego de la aplicación, los resultados determinaron un cambio importante en la disponibilidad de los equipos, además de otros indicadores como el número de fallas y la probabilidad de su ocurrencia. En el análisis de la situación inicial el tiempo medio entre fallas (MTBF) era de 1430.5 horas, un número total de 6 fallas al mes y un corte para el mantenimiento cada 176 horas, todo ello determinaba una fiabilidad del equipo de 0.88. Luego de la aplicación de mejoras, un año después, ese mismo equipo realizaba cortes para el mantenimiento cada 123.8 horas y obtenía una fiabilidad de 0.95; posterior a 2 años con la metodología RCM el periodo de corte eran cada 111.4 horas y la fiabilidad fue de 0.96. En este sentido, se concluye que RCM ha mostrado beneficios en orden de reducción en tiempo de inactividad y mejora de la fiabilidad en el sector eléctrico, dado que ha funcionado de manera sistemática y completa con la gestión del mantenimiento; se observa que el RCM proporciona una estructura que facilita la construcción de funciones fundamentales dentro de su gestión de mantenimiento. Adicionalmente, los resultados de la aplicación de RCM se encuentran en línea con las observaciones hechas por otros investigadores.

Según el trabajo de Devaraj y Kumar (2016) denominado “Application of Reliability Centered Maintenance on Horizontal Boring Machine - A Case Study”, tuvo la finalidad de aplicar un plan basado en la metodología RCM para incrementar la disponibilidad de los equipos de taladro. Ello fue posible analizando la efectividad de RCM en el sistema de equilibrio de taladradora horizontal con el uso de herramientas complementarias como el FMEA y FTA para lograr un impacto en el MTBF (tiempo medio entre fallas) y MTTR (promedio para reparar). Se menciona que una buena estrategia de mantenimiento se basa en la comprensión de los sistemas y el conocimiento de los conceptos; es por ello que el desafío es elegir el plan adecuado para cada equipo, considerando sus condiciones de operación. La implementación de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) ayudar a decidir qué equipo necesita diferentes estrategias de para garantizar un alto confiabilidad a un costo razonable. Se cuenta con una metodología de tipo cuantitativo y aplicado, con un enfoque descriptivo y de diseño cuasi experimental. La herramienta fue un check list para el registro de datos y la población y muestra corresponde a 2 equipos durante 12 meses.

Se realizó un análisis de las características de falla del sistema y sus componentes (cilindro, válvula de control de dirección y bomba), además se comparó el valor de criticidad, el MTBF y MTTR. El análisis FMEA proporcionó la prioridad de riesgo y los números de criticidad que indicaron mayor riesgo de falla para la válvula de control de dirección. Posteriormente, al preparar un diagrama lógico se pudo planificar un mantenimiento predictivo y estructurado. Luego de la implementación, los valores del tiempo medio entre fallas (MTBF) fue de 16,016 horas y el tiempo medio entre reparaciones (MTTR) se calculó en 88 horas en el caso del cilindro para la bomba los resultados fueron de 5265 y 44 horas para el MTBF y MTTR, respectivamente. Finalmente, se concluye que la metodología RCM ha sido aplicada con éxito dado que se logró mejorar la situación; adicionalmente, análisis FMEA colaboró en el análisis de los componentes hidráulicos, como el cilindro, la bomba y válvula DC para la posterior comparación.

Teorías relacionadas al tema

Teoría variable independiente: Metodología RCM

De acuerdo con Campos, Tolentino, Toledo y Tolentino (2019) la metodología RCM, “denominada mantenimiento basado en la confiabilidad, busca mejorar el nivel de operaciones de un sistema productivo mediante la efectividad de las tareas de mantenimiento acorde a los riesgos detectados” (p.2). En otras palabras, esta metodología posee una filosofía sobre la gestión del mantenimiento, es por ello que brinda lineamientos para identificar las acciones que requieren una mejora de acuerdo a la frecuencia de su aplicación, lo que permite mejorar la operatividad de los equipos. Según Gupta y Mishra (2016) con este modelo se busca mejorar la confiabilidad mediante el control de las fallas; adicionalmente, con el empleo de acciones preventivas, se reduce el impacto de averías graves. Todo ello implica alcanzar una mejora en la productividad mediante el análisis de fallas. (p.133).

Entre las ventajas que esta metodología brinda, para Sinha y Mukhopadhyay (2015), se menciona que proporciona un programa eficiente para el mantenimiento, lo que permite minimizar los gastos en este rubro; por otro lado, reduce la probabilidad de las fallas y la frecuencia de las reparaciones, es decir, incrementa la fiabilidad de los componentes mediante el análisis de las causas raíz (p.33)

Objetivos

Toda aplicación persigue un objetivo y es por ello que según Yssaad y Abene (2015) esta metodología persigue la finalidad de eliminar las fallas para reducir las averías en las maquinarias y equipos, ello también involucra disminuir los gastos por el concepto de reparación. Adicionalmente, se brindan lineamientos para planificar las actividades de mantenimiento en el trabajo articulado de la producción (p.353).

De forma complementaria Braglia, Castellano y Gallo (2019) la metodología RCM tiene como finalidad mejorar el mantenimiento de equipos mediante el orden de las prioridades para dicho proceso, adicionalmente se recomienda evaluar aspectos

como las funciones de los equipos en el proceso productivo, considerar el origen de las fallas funcionales y técnicas, mostrar los aspectos relacionados a este tema. También es importante conocer los efectos y consecuencias de las fallas para así poder plantear acciones de control en búsqueda de la prevención; en este punto se sustenta el objetivo de esta metodología (p.615).

Pasos previos para aplicar RCM

De acuerdo con Afzali, Keynia y Rashidinejad (2019) para la implementación con éxito de la metodología RCM se requiere de seguir una serie de pasos previos para conocer la situación inicial en la que se encuentra todo el proceso, es por ello que se recomiendan las siguientes medidas, mostradas a través de una tabla (p.704).

Tabla 2

Pasos previos para aplicar RCM

Paso	Explicación
Recolección de información	Datos útiles para identificar los problemas o limitaciones
Descripción del sistema	Se explica el funcionamiento de la operación y los puntos importantes
Crear diagramas	Representar de manera gráfica los pasos a seguir en cada sistema
Diseño de fases	Describir los elementos que están involucrados dentro de proceso
Datos históricos de maquinaria	Información estadística sobre los fallos o niveles de mantenimiento de equipos
Evaluación de los fallos	Se analizan los fallos, sus causas y consecuencias
Ordenar prioridad de fallos	Se prioriza los aspectos más importantes para asignar esfuerzos

Fuente: Afzali, Keynia y Rashidinejad (2019), elaboración propia

En la tabla anterior se menciona que los pasos previos a seguir para la aplicación de la metodología RCM son la recolección de información sobre los problemas que existen para poder describir de forma eficiente el sistema, luego se crean diagramas

para representar la situación y en base a ellos se diseñan las fases que incluyen a todos los procedimientos; posteriormente, se recogen datos históricos sobre las fallas para evaluarlas y encontrar el aspecto más importante para mejorar.

Confiabilidad y criticidad

Un aspecto importante dentro del análisis RCM, es entender el significado de la confiabilidad y la criticidad de los equipos. En este sentido, para Awad y Afif (2016) la confiabilidad se refiere a la probabilidad del buen desempeño que desarrolla una maquinaria en sus actividades, evaluando el tiempo de operación y las condiciones en las que se encuentre. Dicho de otra manera, este concepto es la base para la programación del mantenimiento puesto que busca mejorar las actividades del sistema mediante el análisis de la efectividad de su operación (p.436). La aplicación de la confiabilidad operacional se basa en la elaboración de un plan para el mantenimiento que busque resolver los problemas que sufren los equipos en sus actividades; ello se logra con el establecimiento de tareas para minimizar el riesgo y estableciendo procedimientos de control. La confiabilidad no se afecta a las maquinas, sino también incluye otros aspectos que se mencionan de forma más didáctica en la siguiente figura.

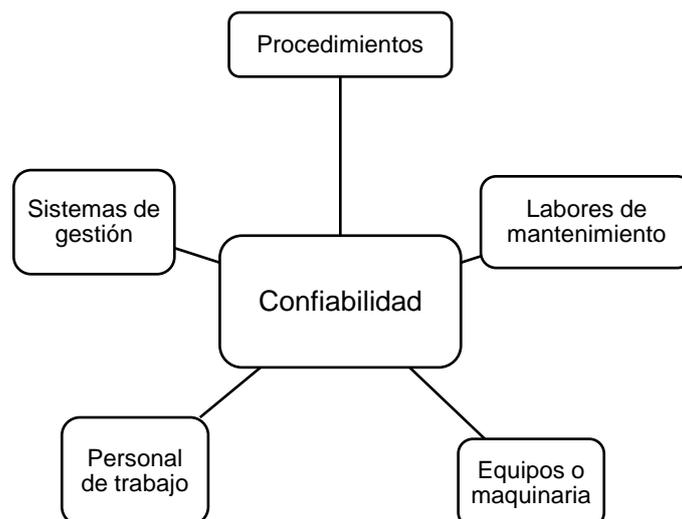


Figura 3 Análisis de confiabilidad

Fuente: Awad y Afif (2016), elaboración propia

En el complemento de dicha idea, según Tang et al. (2017) el análisis de la criticidad es vital para entender el origen de las fallas y así poder proponer un método que permite ordenar los pasos a seguir y ponderar el nivel de riesgo de cada equipo; entonces será posible dividir los elementos para realizar un control y supervisión en búsqueda de la mejora continua (p.1298). Es por ello que una clasificación del nivel de criticidad de los equipos permite mejorar los desperfectos, los equipos prescindibles son los que no tienen una alta influencia en la operación de la empresa, los equipos importantes son los que puede ser reemplazables con normalidad ante un fallo y los equipos críticos son los que ante un paro o fallo afectan en gran manera a la producción.

Fases del RCM

De acuerdo con Sana et al. (2018) para la implementación de la metodología RCM cuenta con fases que explican en paso a paso a seguir para el éxito de la propuesta (p.24). De manera previa se menciona que es necesario contar con un inventario que mencione la clasificación de los equipos, en tanto que se puedan establecer los criterios para la organización y clasificación de las herramientas. Los pasos a seguir se explican con la siguiente figura:

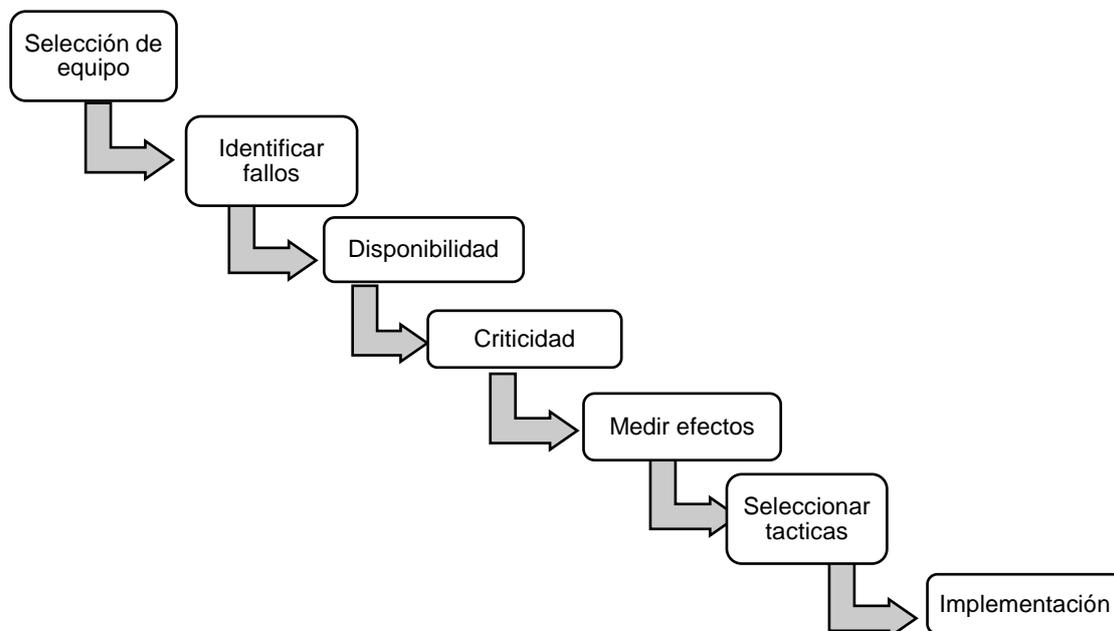


Figura 4 Fases del RCM

Fuente: Sana et al. (2018), elaboración propia

En la figura anterior se mostraron las etapas de la implementación de la metodología RCM y según Piason, Biscar, Leao y Sanches (2016) cada una de ellas es importante porque proporciona una seguridad en el cumplimiento de los objetivos; en este sentido, se detalla la siguiente explicación de cada punto (p.43):

- La primera fase consiste en la selección del equipo de trabajo para definir las funciones que cada uno debe realizar en cada periodo de tiempo, donde se deberá supervisar el funcionamiento del equipo y el control del rendimiento esperado; de forma complementaria, a modo de aclarar los indicadores, se debe mencionar las unidades de medida empleada.
- La segunda fase involucra la identificación de los fallos para comprender la causa real que ocasiona tales inconvenientes en el análisis funcional.
- La tercera fase corresponde a la identificación de la disponibilidad de los equipos, es decir, en la medición del tiempo de operación sobre el cual se encuentran activos. Este punto es útil para plantear acciones preventivas y correctivas para la mejora del tiempo total de disponibilidad.
- La cuarta fase corresponde a la evaluación de la criticidad que es la categorización de los efectos que podrían surgir ante el paro de cada equipo en la producción de la empresa, esto es, identificar el nivel de gravedad.
- La quinta fase se refiere a la medición de efectos para determinar las medidas de prevención en el análisis de fallos. Este tipo de medidas pueden ser agrupadas en 5 tipos que son labores de mantenimiento periódicas, mejoras en los equipos, capacitación de trabajadores para una mejor ejecución de las reparaciones, la actualización de los formatos de operación y la reformulación del mantenimiento.
- La sexta fase consiste en la selección adopción de tácticas preventivas que pueden mejorar el análisis de criticidad, es decir, asociar el método actual respecto a una mejora en la organización que permita disminuir los fallos

mediante la identificación de mejoras u orientar una capacitación específica para mejorar el sistema de mantenimiento.

- La séptima fase y última de este bloque es la ejecución del plan de mantenimiento como consecuencia del análisis RCM, aquí se aplican todas las mejoras desarrolladas y se supervisa que se cuente con las medidas necesarias en el control de los resultados en base a la confiabilidad.

Dimensiones

Confiabilidad Humana

De acuerdo con García (2017) la confiabilidad humana es entendida como la capacidad del trabajador para desarrollarse de manera efectiva en su entorno laboral, en donde puede superar sus debilidades y brechas de conocimiento para llevar adelante un proceso productivo óptimo (p.1). Para ello se requiere cuantificar el nivel de seguridad de la ocurrencia de una falla dentro del sistema que podría detener la producción o afectarla en gran manera. En el cálculo de este indicador se da con la división de la cantidad de fallas corregidas sobre el total de detectadas y se representa a través de la siguiente formula:

$$CH = \frac{N^{\circ} \text{ de fallas corregidas}}{\text{Total de fallas detectadas}}$$

Confiabilidad del proceso

Según Amin, Khan y Zuo (2019) la garantía de la confiabilidad del proceso se ha convertido en una tarea obligatoria para las industrias para asegurar operación más segura. Este análisis involucra muchas áreas, procesos y ramas de ingeniería como la disponibilidad, mantenibilidad, dependencia, capacidad de prueba, relación costo sobre beneficio; por otro lado, el análisis de fallas, mantenimiento el modelado y la gestión de la integridad de los activos son partes inevitables (p.2). Para su calculo se recurre a la comparación de las inspecciones realizadas sobre las planificadas, esto se detalla en la siguiente formula:

$$CP = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{\text{Total de inspecciones planteadas}}$$

Confiabilidad de equipos

Para Vishnu y Regikumar (2016) la confiabilidad de los equipos se define como la probabilidad de certeza de que funcionen de manera correcta sin interrupciones. Para mejorar la confiabilidad se requieren estrategias de mantenimiento a aplicar de forma independiente, dado que se integran para aprovechar sus respectivas fortalezas con el fin de maximizar las instalaciones y confiabilidad del equipo para minimizar los costos del ciclo de vida (p.1082). Para su cálculo se compara el número de equipos operativos respecto al total mediante la siguiente formula:

$$CE = \frac{N^{\circ} \text{ de equipos operativos}}{\text{Total de equipos}}$$

Teoría variable dependiente: Disponibilidad de camiones

Definición

De acuerdo con Alavedra et al. (2016) esto se refiere a “la medida de tiempo en la que una maquinaria o equipo efectúa sus operaciones, corresponde al funcionamiento normal de un equipo en el proceso operativo bajo condiciones normales y a su vez controladas en el manejo del equipo” (p.13). Más a profundidad, el análisis de esta variable se realiza mediante la medida dos dimensiones, la fiabilidad y mantenibilidad de los camiones, utilizando hojas de registro durante el periodo de estudio. Los enfoques para su mejora involucran conceptos de confiabilidad han sido ampliamente utilizados, con el objetivo de aumentar el tiempo de actividad del equipo, dado que la finalidad es tener la maquinaria al máximo nivel posible en tiempo de actividad. En la misma línea, la gestión de fiabilidad se utiliza para eliminar los efectos del sistema y fallas ocasionadas por problemas internos o por factores humanos.

Para García (2016) la disponibilidad abarca un concepto mucho más profundo dado que permite repartir el tiempo de vida útil de los equipos dentro del sistema o área más provechosa para la compañía, para ello se requiere de un profundo análisis del sistema y ciertos parámetros relacionados a la disponibilidad (p.53). Por otro lado, este concepto se refiere a la probabilidad de que un componente no falle en el desempeño de su función dentro de los límites de umbral especificados por el sistema de producción. Estos conceptos se explican mediante la siguiente figura.

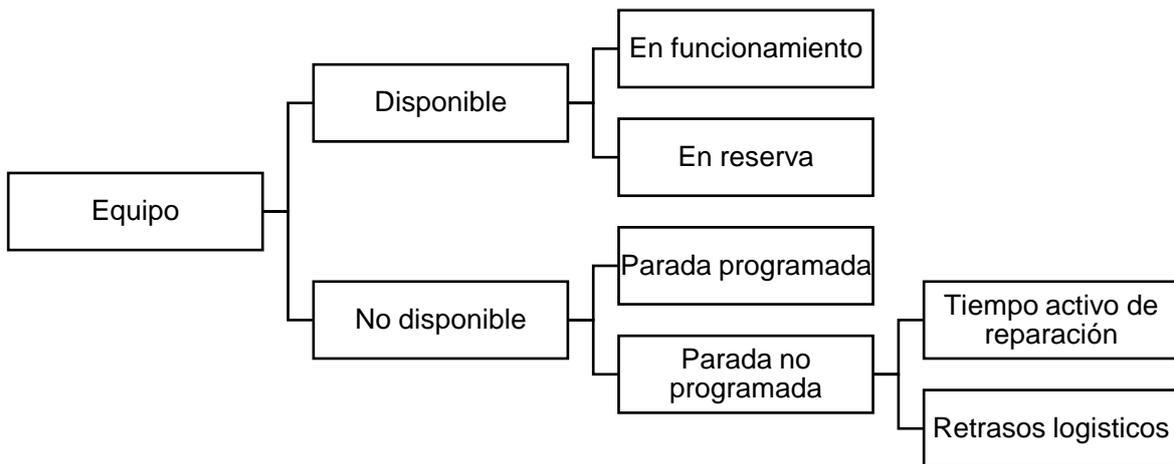


Figura 5 Reparto del tiempo en sistemas

Fuente: García (2016)

Factores en la disponibilidad

Según Caballero y Clavero (2016) existen algunos factores que pueden influenciar sobre la disponibilidad de los equipos, es decir, se han identificado algunas causas que originan la falta de disponibilidad (p.90), las cuales se detallan a continuación:

- Fallas en la red o conexión del sistema
- Incorrecto cumplimiento de los requisitos para la operación o poco nivel de comprensión o estudio de estos factores
- Inconvenientes en la aplicación interna
- Externalidades o condiciones que influyen sobre el equipo
- Entorno físico que ha vulnerado la estabilidad de la maquinaria
- Fallas en las rutinas operaciones que vulneran la seguridad
- Ubicación en un entorno adecuado

Para García (2016) el factor más importante sobre el que depende la disponibilidad es su funcionalidad, es decir, de las condiciones que necesite para su correcta y eficiente operación, ello involucra la anulación de los fallos o en su defecto la máxima reducción de este punto. Respecto a este tema, se debe tener en claro los estados complementarios del equipo, ya sea cuando se encuentre operativo o inoperativo. Otro factor relevante es la mantenibilidad que se relaciona con la idea de la posibilidad que el equipo, al sufrir una avería, pueda ser reparado y la

soportabilidad que es la capacidad o probabilidad de que los retrasos por conceptos de falla no sean mayores al tiempo estimado para el mantenimiento. Todas estas ideas colaboran para centrar el concepto de disponibilidad sobre el ciclo de vida que posee el equipo o sistema para satisfacer las necesidades de producción para las cuales ha sido adquirido.

Dimensiones

Fiabilidad (MTBF)

De acuerdo con Piechnicki, Loures y Santos (2017) el indicador de fiabilidad o tiempo medio entre fallas brinda una perspectiva del grado de disponibilidad y confiabilidad del sistema o equipo de trabajo con el que se cuenta, es por ello que su cálculo es frecuente en las empresas de tipo industrial pues se requiere que la producción se detenga el menor número de veces posible (p.1137). Su expresión se muestra mediante la siguiente formula:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo Total de operaciones}}{\textit{N}^\circ \textit{ de averías}}$$

Mantenibilidad (MTTR)

Para Alavian et al. (2019) la mantenibilidad es de fundamental importancia para analizar los sistemas de producción continuos y su diseño para la reparación de fallas. Este indicador se emplea prácticamente en cada método para evaluar el rendimiento y otras métricas de los sistemas de producción de forma analítica, dado que es considerado como el promedio del tiempo que demoran las reparaciones para tener el equipo en óptimo estado (p.1004). En este sentido, su cálculo se da mediante la división del tiempo total de las reparaciones sobre el total de estas, lo cual se presenta en la siguiente formula:

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo Total de reparaciones}}{\textit{N}^\circ \textit{ de reparaciones}}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicada, al respecto se precisa que: “se llaman aplicadas porque se basan en los resultados de la investigación básica, se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la realidad (Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero, 2018, p 136). El presente estudio pretende resolver un problema de la realidad empresarial identificado en Salcedo Motors.

Por su nivel es explicativo, se manifiesta que son: “investigaciones en las que se tiene como propósito establecer las causas de los sucesos, problemas o fenómenos que se estudian” (Hernández y Mendoza, 2018, p 111). Puesto que se busca determinar las causas que originan el problema.

Por su enfoque es cuantitativo, en relación a esto, se manifiesta que: “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación” (Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero, 2018, p 140). Dicho enfoque se utiliza en la presente investigación.

Un diseño experimental consiste en manipular intencionalmente el objeto de investigación (variable independiente), para observar y analizar sus efectos (variable dependiente) (Silvestre y Huamán, 2019, p 283). Esta investigación como tal es de diseño experimental, de tipo pre-experimental. Se señala al respecto que, los pre experimentos se denominan así porque su grado de control es mínimo, son diseños con un grupo único.” (Hernández y Mendoza, 2018, p 162).

3.2. Variables y operacionalización.

Variable independiente: Metodología RCM

“La metodología RCM, denominada mantenimiento basado en la confiabilidad, busca mejorar el nivel de operaciones de un sistema productivo mediante la efectividad de las tareas de mantenimiento acorde a los riesgos detectados” (Campos, Tolentino, Toledo, Tolentino, 2019, p.2).

Definición operacional

Esta variable independiente definida como metodología RCM es medida a través de sus tres dimensiones: confiabilidad humana, del proceso y de equipos, utilizando hojas de registro durante el periodo de estudio.

Variable dependiente: Disponibilidad de camiones

“La disponibilidad es la medida de tiempo en la que una maquinaria o equipo efectúa sus operaciones, corresponde al funcionamiento normal de un equipo en el proceso operativo bajo condiciones normales y a su vez controladas en el manejo del equipo” (Alavedra, Gastelu, Méndez, Minaya, 2016, p.13).

Definición operacional

Esta variable dependiente determinada como disponibilidad es medida a través de sus dos dimensiones: fiabilidad y mantenibilidad de los camiones, utilizando hojas de registro durante el periodo de estudio.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
Metodología RCM	La metodología RCM, denominada mantenimiento basado en la confiabilidad, busca mejorar el nivel de operaciones de un sistema productivo mediante la efectividad de las tareas de mantenimiento acorde a los riesgos detectados (Campos, Tolentino, Toledo, Tolentino, 2019, p.2)	Esta variable RCM es medida a través de sus tres dimensiones: confiabilidad humana, del proceso y de equipos, utilizando hojas de registro durante el periodo de estudio.	Confiabilidad Humana	$CH = \frac{N^{\circ} \text{ de fallas corregidas}}{\text{Total de fallas detectadas}}$	Razón
			Confiabilidad del proceso	$CP = \frac{N^{\circ} \text{ de inspecciones realizadas}}{\text{Total de inspecciones planteadas}}$	Razón
			Confiabilidad de Equipos	$CE = \frac{N^{\circ} \text{ de equipos operativos}}{\text{Total de equipos}}$	Razón
Disponibilidad de camiones	La disponibilidad es la medida de tiempo en la que una maquinaria o equipo efectúa sus operaciones, corresponde al funcionamiento normal de un equipo en el proceso operativo bajo condiciones controladas y normales (Alavedra, Gastelu, Méndez, Minaya, 2016, p.13)	Esta variable disponibilidad es medida a través de sus dos dimensiones: fiabilidad y mantenibilidad de los camiones, utilizando hojas de registro durante el periodo de estudio.	Fiabilidad	$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de operaciones}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$	Razón
			Mantenibilidad	$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de reparaciones}}{N^{\circ} \text{ de reparaciones}}$	Razón

Elaboración propia

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

La población puede ser definida como el total de las unidades de estudio, que contienen características requeridas, para ser consideradas como tales. Estas unidades pueden ser personas, objetos, hechos que presentan características requeridas para la investigación (Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero, 2018, p 334). En la presente investigación, la población está conformada por los registros de mantenimiento de camiones durante los 8 meses analizados, 4 meses antes y 4 meses después, en la empresa Salcedo Motors periodo 2019.

Una muestra es un subgrupo de la población o universo que te interesa, sobre la cual se recolectaran los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población. (Hernández y Mendoza, 2018, p 196). Se debe enfatizar que en este estudio la muestra es de tipo censal, es decir, la muestra es igual a la población, de acuerdo con Zarcovich (2005) se refiere a que una población de fácil acceso y con un reducido número de elementos o individuos puede ser estudiada sin necesidad de realizar muestreo, lo cual se denominará muestra censal.

Muestreo

No hay muestreo en la presente investigación por el motivo que la muestra es de tipo censal.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica

En relación a los indicadores del estudio y en la manera como fueron evaluados se utilizan las siguientes técnicas e instrumentos:

Observación

La observación directa es aquella donde el mismo investigador procede a la recopilación de información, sin dirigirse a los sujetos involucrados; recurre

directamente a su sentido de observación (Baena, 2016, p 97). Siendo la técnica a utilizar en el presente estudio.

3.4.2. Instrumento de medición

Ficha de observación es un instrumento o herramienta de investigación que sirve a la observación, llamada también lista de cotejo, consiste en una cédula u hoja de control destinada a guiar y sistematizar la observación (Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero, 2018, p 289). En esta investigación se utilizan el formato de medición de tiempo entre reparaciones (MTTR) y el formato de medición de tiempo entre fallas (MTBF).

Validez del instrumento

La validez del instrumento es medida mediante la técnica de juicio de expertos, teniendo en consideración a profesionales y académicos de la carrera de ingeniería industrial de la universidad César Vallejo.

Confiabilidad

La confiabilidad en la presente investigación está dada por los datos oficiales proporcionados por el área encargada de mantenimiento de la empresa Salcedo Motors.

3.5. Procedimientos

Posteriormente de haber realizado el planteamiento de las bases teóricas dentro del método de investigación, se procedió a la aplicación de las técnicas e instrumentos de medición mencionadas, los cuales son aplicados en dos momentos en un periodo previo a la aplicación de la metodología RCM y en un momento posterior a ésta con el objetivo de recolectar la información necesaria acerca de las variables de estudio. Para que esto fuera posible, en primer lugar, se valida el instrumento de medición, se aplica en la empresa y área materia de estudio con la autorización de los responsables de Salcedo Motors, al término de la recolección de datos se procede a la tabulación de los mismos, análisis estadístico y debida interpretación de los hallazgos obtenidos.

3.6. Métodos de análisis de datos:

Posteriormente a la recolección de datos, el paso siguiente es analizar los los datos observados para poder comprobar o corroborar las hipótesis de estudio dado el enfoque cuantitativo de la investigación. Los datos recolectados de la aplicación de instrumentos de medición, son procesados como se muestra:

Análisis descriptivo

En primer lugar, se elabora una base de datos o registro con la totalidad de datos disponibles de las variables analizadas, con el propósito de agilizar el análisis de resultados para su debida interpretación, con ello se precisa el uso de un software estadístico denominado SPSS v.25, en el cual se procesarán los datos representándose finalmente en tablas de frecuencia, gráficos de líneas, gráficos de barras que se obtuvieron de la tabulación de datos de los indicadores de las variables de estudio.

Análisis Inferencial

Para contrastar las hipótesis de investigación se emplea el estadígrafo T-Student para muestras relacionadas, con el propósito la diferencia de medias entre el periodo pre-test y el periodo post-test del estudio a raíz de la aplicación de la metodología RCM para incrementar la disponibilidad de camiones en la empresa Salcedo Motors para periodo 2019.

3.7. Aspectos éticos

En esta investigación se presenta la información correspondiente a la empresa Salcedo Motors, que fue proporcionada con el propósito de apoyar a la mejora de la disponibilidad de camiones de la empresa. Por tanto, se brindaron las facilidades correspondientes, para ser utilizadas en este estudio. Este trabajo de investigación se sustenta en los principios éticos, asimismo el respeto por la propiedad intelectual, la misma que ha sido citada en cumplimiento de las Normas APA. De igual manera, las disposiciones dadas por la Universidad César Vallejo para la realización de este documento de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Situación inicial

Generalidades de la empresa

En la presente sección se mostrará la información correspondiente a la empresa en análisis, dado que es importante conocer la situación inicial para evaluar el escenario en donde se realizarán las acciones. La compañía se dedica a la venta de vehículos y dentro de ellos ofrece soluciones para el cuidado y mantenimiento de vehículos, en especial de camiones, tractores y transportes de carga pesada con productos de calidad. En la siguiente tabla se presenta la información correspondiente.

Tabla 3

Información de la empresa

Nombre de la empresa	Salcedo Motors S.A.C.
RUC	20601296269
Actividad económica	CIU: 4510, 6512, 5221
Dirección	Sub Lote 1-B-1 km 20 Antigua Panamericana Sur. Villa El Salvador, Lima
Teléfono	+51952107323
Página web	http://salcedomotors.com/peru/contacto/
Correo de contacto	jluna@salcedomotors.com

Elaboración propia

Misión

Ofrecer soluciones oportunas y eficientes de acuerdo a las necesidades de nuestros clientes con productos, servicio y soporte de alta calidad.

Visión

Consolidarnos como empresa líder en el mercado, con el mejor respaldo en nuestro producto, junto con personal altamente capacitado, aportando al desarrollo social y económico del país.

Ubicación



Figura 6 Ubicación de la empresa

Fuente: Google Maps (2020)

Organigrama

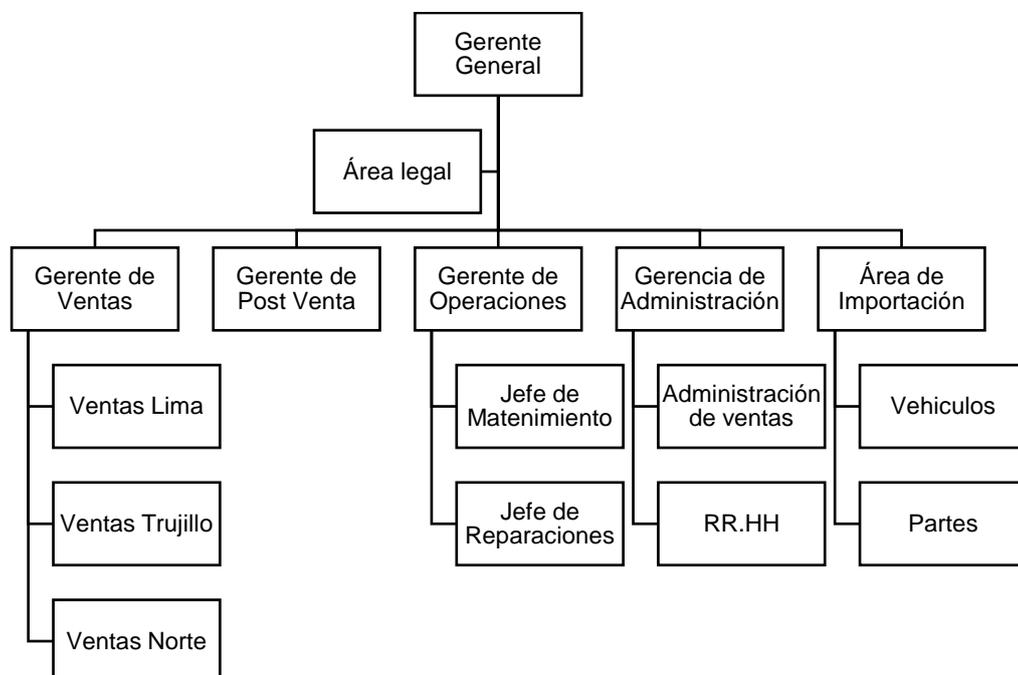


Figura 7 Organigrama de la empresa

Elaboración propia

Productos y servicios

La empresa posee una amplia gama de productos que ofrece para mejorar la experiencia de conducir un vehículo; a partir de ello se han desarrollado la venta de camiones, repuestos, generadores y el servicio de mantenimiento de equipos, todo ello se detalla a continuación:

- Venta de Repuestos

Se cuenta con el más variado stock de repuestos para camiones, maquinaria, generadores; así como llantas y servicios para su instalación.



Figura 8 Venta de repuestos de la empresa

Fuente:

Como se observa en la imagen, la empresa cuenta con 3 líneas para la venta de repuestos; en primer lugar, se encuentra todo lo relacionado a camiones de carga pesada, donde se cuenta con marcas como Himoinsa, Pirelli y Sitrak; en segundo lugar, se muestran los repuestos para máquinas de tipo industrial, útiles dentro del proceso productivo y finalmente, los repuestos de generadores eléctricos.

- Venta de Camiones

La empresa cuenta con una división para la venta de vehículos de carga pesada y camiones industriales, tal como se muestra en la siguiente figura.



Figura 9 Venta de camiones

Fuente:

En la figura anterior se observa un camión de la marca Sitrak C7H, 540 HP, caja ZF, Motor MAN Lccd., posee una carga útil de hasta 30 toneladas y es una herramienta ideal para el transporte de carga pesada para todo tipo de terrenos.

- Venta de generadores

Otra sección importante dentro del rubro industrial es la de generadores eléctricos, aquellos equipos que aseguran la creación de energía eléctrica para distintas actividades, dependiendo de la zona de ejecución.



Figura 10 Venta de generadores

Fuente:

- Servicio de mantenimiento

Un servicio esencial para la compañía es el mantenimiento de equipos a lo largo de todo el país, para ello se despliegan profesionales de alta calidad en búsqueda de lograr soluciones eficientes para la reparación de maquinaria pesada.



Figura 11 Servicio de mantenimiento

Fuente:

Se observa que se recogen los vehículos para ser trasladado al taller como parte de un respaldo a todas las líneas de productos. Los planes de servicio técnico de Salcedo Motors incluyen especialistas en camiones, maquinaria pesada y generadores eléctricos, el taller cuenta con un alto prestigio en el mercado.

Procesos iniciales

En esta sección se presentan los procesos que ocurren en la empresa; en primer lugar, mediante el flujograma se mostraran todas las actividades que ocurren, desde que ingresa el vehículo a la planta hasta su salida. En segundo lugar, con el diagrama de operaciones se aclararán la secuencia de pasos para el mantenimiento y en el diagrama analítico se indicará el tipo de actividad y los tiempos para cada una de ellas. A partir de dicha situación se podrán presentar las mejoras para modificar este escenario; los diagramas se muestran a continuación:

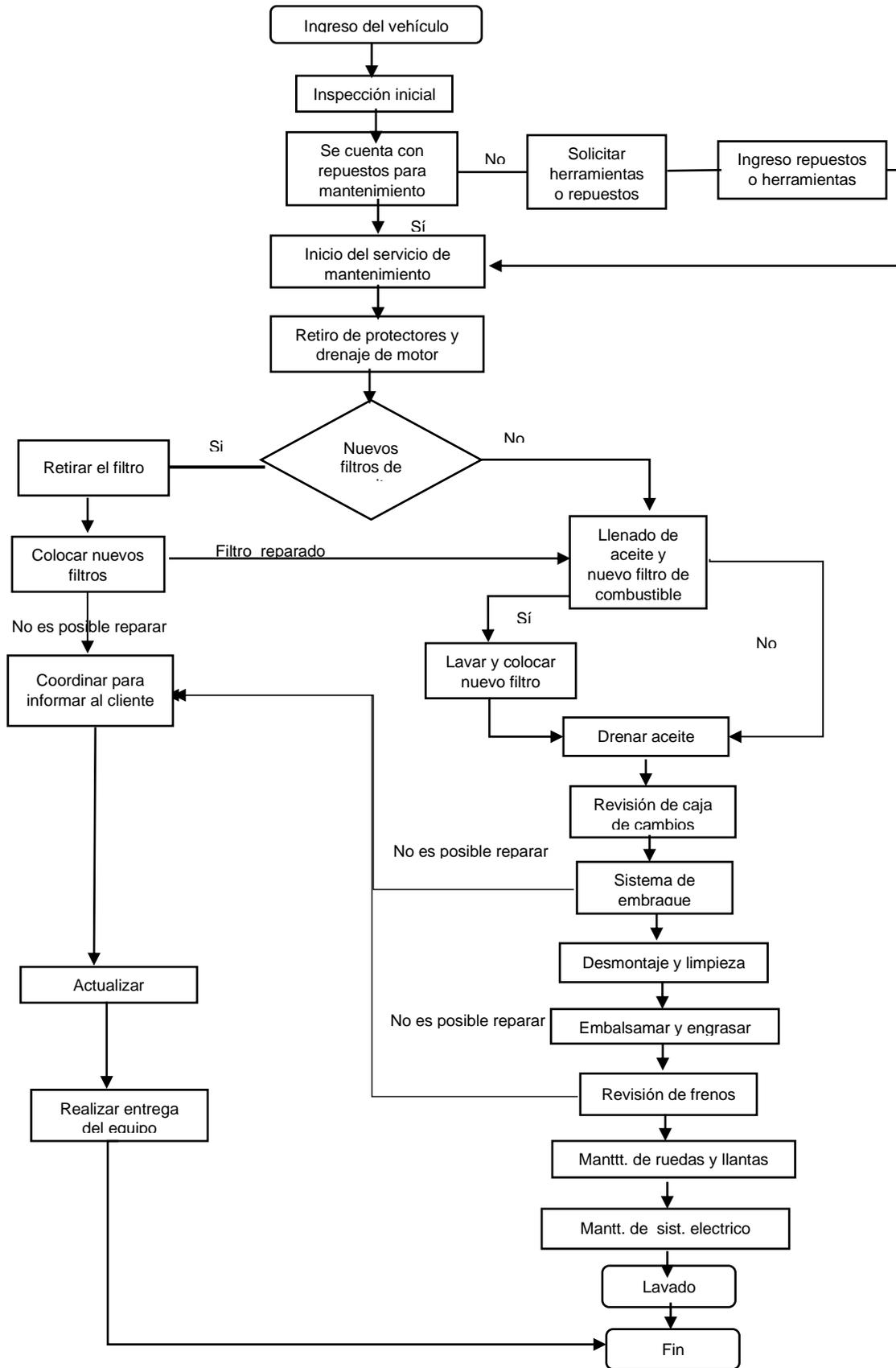


Figura 12 Flujograma del servicio de mantenimiento

Elaboración propia

Diagrama de operaciones del proceso

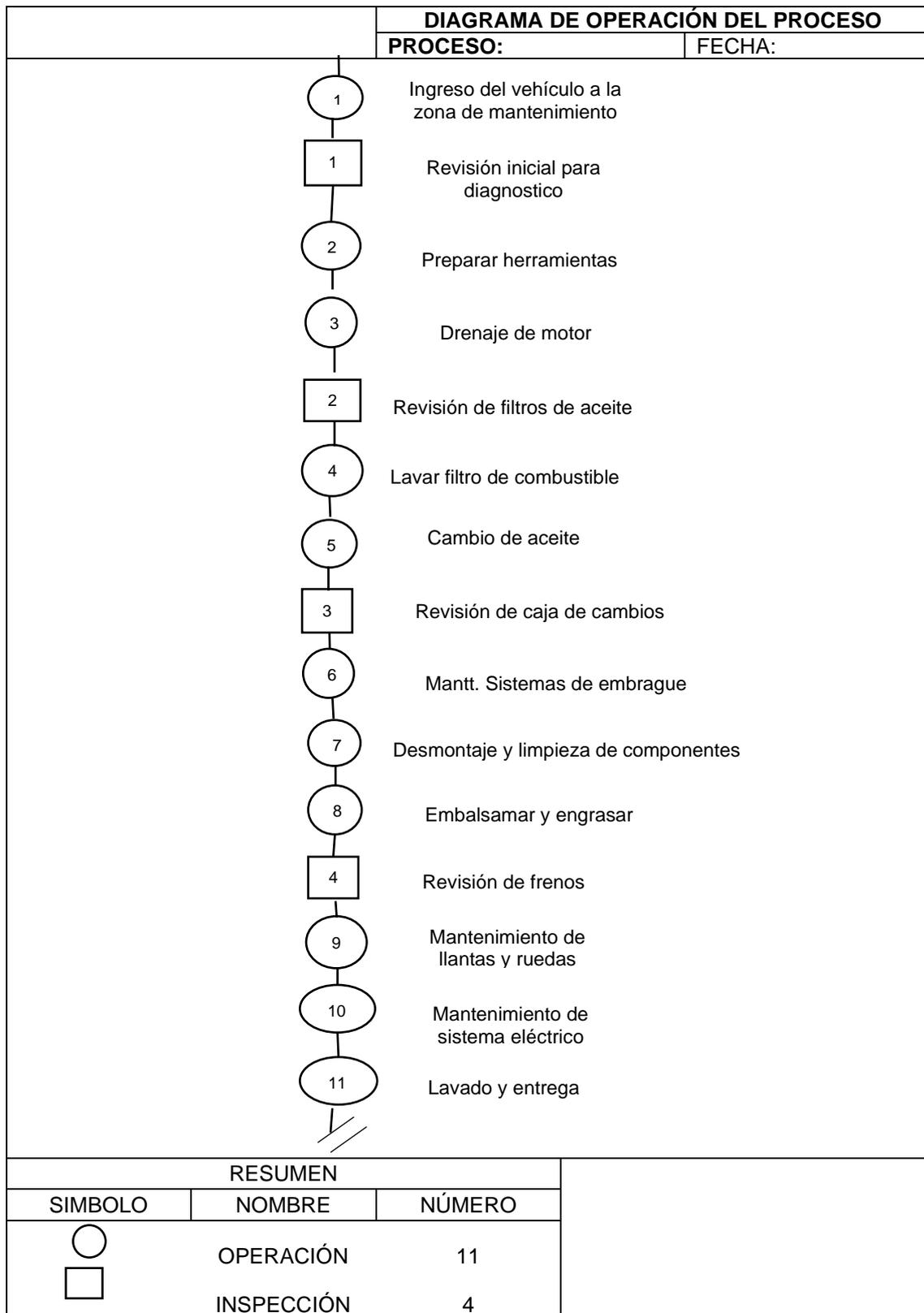


Diagrama de análisis del proceso

Tabla 4

Diagrama de análisis del proceso

Diagrama De Análisis del Proceso								
Diagrama Nro. __	Hoja __ de __	RESUMEN						
PRODUCTO:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
		Operación ○	10					
Proceso:		Transporte ⇨	1					
		Espera □						
Método: Actual/Propuesto		Inspección □	4					
Lugar:		Almacenamiento ▽						
Operario (s):		Distancia (m)						
Ficha núm.:		Tiempo (min)	395					
Descripción	Cantidad	Tiempo	Símbolo					Observaciones
			○	□	□	⇨	▽	
Ingreso del vehículo a la zona de mantenimiento	1	5	X					
Revisión inicial para diagnostico	1	10		X				
Preparar herramientas	1	15	X					
Drenaje del motor	1	10	X					
Revisión de filtros de aceite	1	15		X				
Lavar filtro de combustible	1	10	X					
Cambio de aceite	1	65	X					
Revisión de caja de cambios	1	10		X				
Mantenimiento de sistemas de embrague	1	30	X					
Desmontaje y limpieza de componentes	1	25	X					
Embalsamar y engrasar	1	35	X					
Revisión de frenos	1	50		X				
Mantenimiento de llantas y ruedas	1	45	X					
Mantenimiento de sistema eléctrico	1	40	X					
Lavado y entrega	1	30	X					
Total	15	395	11	4				

Elaboración propia

En la figura anterior se observa que el tiempo total de las 15 actividades corresponde a 395 minutos, en donde las 11 de ellas son de operación y ocupan 310 minutos con el 78.5% del tiempo y por otro lado, las 4 labores de revisión demoran 85 minutos, es decir, el 21.5% del tiempo total.

Actividades críticas del proceso

En la presente sección se detallan las actividades críticas que fueron encontradas durante la identificación del problema inicial, a partir de ello será posible plantear alternativas eficientes para lograr la mejora en la disponibilidad de los equipos que mantiene la empresa. Las cuatro actividades más influyentes se muestran en las siguientes líneas:

Ausencia de una metodología para el mantenimiento (21%)

Dentro de las actividades de mantenimiento se ha observado la clara ausencia de una metodología que guíe el proceso, es decir, es evidente que la gran mayoría de pasos en la reparación y mantenimiento de equipos se realiza de forma empírica, solo para solucionar un problema que ha detenido el vehículo. En este sentido, se debe lograr un mantenimiento que permita predecir las fallas y averías de los equipos en el mediano y largo plazo, dado que muchas veces estos regresan por el mismo inconveniente. Los cambios en la situación propuesta deben evidenciar una mejora en este tema, donde se regule cada secuencia del mantenimiento por un proceso general que se encuentre respaldado por una metodología eficiente.

Falta de indicadores para la gestión del mantenimiento (20%)

Otro elemento importante es contar con indicadores claves para medir la gestión del mantenimiento, lo cual en el proceso inicial no fue posible observar. Entonces, cuando se realizan las labores de reparación de equipos solo se busca solucionar el problema principal y más evidente, el cual detiene el vehículo en sus actividades productivas. Dado que la disponibilidad es un elemento principal, se propone la creación de indicadores que colaboren en su cálculo, pero que además permitan conocer el funcionamiento de los equipos desde otra perspectiva. Por otro lado, también es necesario contar con elementos que permitan medir la aplicación de las mejoras a lo largo del tiempo, donde podrá evidenciarse que ante la mayor intensidad y cumplimiento de las mejoras, se logran cambios importantes en la disponibilidad de los vehículos.

Ausencia de fichas para el registro de fallas (20%)

Como parte de la evaluación inicial del proceso de mantenimiento de vehículos se observó que no se cuenta con fichas para el registro de las fallas, lo que también ocasiona no contar con un registro histórico de las averías que han ocurrido; en este sentido, solo se apela al conocimiento y recordación del técnico asignado para lograr solucionar los problemas que equipo que frecuentemente revisa. A partir de esta situación se debe proponer la creación de formatos y fichas que faciliten el trabajo del registro de fallas, ello permite conocer la información del vehículo y sus características de disponibilidad, además de otros aspectos relacionados al mantenimiento efectuado. Desde otra perspectiva, el registro de las fallas permite conocer las averías más frecuentes de acuerdo a cada tipo de equipo y así plantear soluciones de mejora hacia el proveedor, en búsqueda de una mejora en la calidad de productos y servicios que se ofrecen a clientes industriales.

Personal poco calificado en metodologías para el mantenimiento (19%)

Por último, se menciona la presencia de personal poco calificado para las labores; en este sentido, se debe plantear un programa de capacitación dentro de la metodología elegida para la mejora, así se podrá efectuar un plan articulado y regulado para incrementar la disponibilidad de los vehículos. Dentro del programa que se debe proponer es preciso tocar temas técnicos para la reparación o mantenimiento y temas de gestión o manejo de los mismos. Contar con personal calificado incrementará la precisión de los cambios metodológicos y sumará valor agregado al servicio que brinda.

4.2. Situación propuesta

En la presente sección se muestra las mejoras realizadas dentro del área de mantenimiento de vehículos para lograr una mejora en la disponibilidad. A partir del estudio de los factores críticos se puede dar lineamientos para aplicar cambios para solucionar la falta de una metodología, la ausencia de indicadores de gestión, la implementación de fichas de registro y el cambio en la capacitación del personal. En este sentido, a través de la siguiente tabla se observa el cronograma de implementación de mejoras.

Tabla 5

Cronograma de actividades

Actividades	Cronograma																	
	Mes 1					Mes 2				Mes 3				Mes 4				
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Evaluación previa																		
Análisis de situación inicial																		
Identificación de los puntos críticos																		
Aplicación de mejoras																		
Capacitación de personal																		
Nuevos diagramas de proceso																		
Fichas y formatos RCM																		
Procedimiento de labores de mantenimiento RCM																		
Supervisión																		
Auditorias																		
Registro de tiempos																		
Control de indicadores																		

Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, los cambios dentro del área se darán de acuerdo a 3 etapas de trabajo. En primer lugar, se procede con la evaluación previa que consiste en el análisis de la situación inicial y la evaluación de los puntos críticos, a partir de ello se efectúa el segundo punto que consiste en el desarrollo de mejoras en la sección, donde se encuentra la capacitación del personal el diseño de nuevos diagramas de procesos (con respectivas fichas y formatos), la construcción de nuevos indicadores, el desarrollo de las labores de mantenimiento centrado en la confiabilidad (fichas RCM) y el orden y limpieza en la sección. En tercer lugar, para el seguimiento y control de los cambios se plantea un sistema de auditorías, el registro de tiempos y el control de los indicadores, lo cual podrá colaborar en la búsqueda de la mejora continua.

Capacitación del personal

Unos de los elementos principales para lograr cambios en el trabajo de los operadores es la realización de capacitaciones de forma constante. En este sentido, se ha planteado un cronograma de los talleres a tomar en cuenta para impactar en la productividad del colaborador y mejorar el procedimiento del mantenimiento donde cada charla tendrá una duración entre 10 y 15 minutos para no interrumpir las labores propias del taller. Entre los temas a tratar se encuentran, en primer término, la explicación del plan de trabajo a todos los involucrados, el mantenimiento operacional de los vehículos, explicación sobre la metodología RCM y sus pasos y el orden y limpieza; por otro lado, también se ha considerado la presencia de temas relacionados a los problemas de volquetes, tales como la mejora del sistema eléctrico, de frenos y embrague; finalmente, se ha concebido un espacio para el repaso general y la evaluación en la última semana. Para graficar dicho escenario se muestra la siguiente figura con el calendario de actividades durante un mes.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			1	2	3
			Plan de trabajo		
			Introducción		
5	6	7	8	9	10
	Que es el RCM y para qué sirve. Charla 15 min		Mantt. Operacional Charla 15 min		Mantt. Centrado en la Confiabilidad Charla 15 min
12	13	14	15	16	17
	Manejo del Equipo Charla 15 min		Sistema eléctrico Charla 15 min		Procedimiento RCM Charla 15 min
19	20	21	22	23	24
La importancia del Mantte. Charla 15 min min		Sistemas de embrague Charla 15 min		Sistema de frenos Charla 15 min	Dudas en general Charla 15 min
26	27	28	29	30	31
	Evaluación del estado físico del vehículo Charla 15 min		Repaso General Charla 15 min		Evaluación 15 min

Figura 14 Calendario de capacitación del personal

Elaboración propia

Desde otra perspectiva, dentro del proceso de capacitación es importante contar con un procedimiento u hoja de capacitación para realizar dicha labor. En este punto se deben considerar los objetivos a alcanzar dentro de cada tipo de capacitación y lograr un cambio en el trabajo operativo del personal en búsqueda de una mejora en la disponibilidad. A partir de los lineamientos se desarrollan objetivos específicos y contenidos que puedan ser útiles en el proceso de mantenimiento, cada tema de la capacitación tendrá un formato similar al que se muestra a continuación para guiar al capacitador en el desarrollo del tema.

Fecha: ___/___/2020

HOJA DE CAPACITACIÓN RCM

NOMBRE DE LA CAPACITACIÓN

Introducción a la metodología del trabajo RCM

OBJETIVOS DE LA CAPACITACIÓN

OBJETIVOS GENERALES

Objetivo General:

Se desea establecer una secuencia lógica para la realización de trabajos de la manera más eficiente, cometiendo el menor margen de error posible y sin generar pérdidas a la empresa

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo Específico 1:	Establecer una secuencia lógica de acciones
Objetivo Específico 2:	Contar con un buen índice de repetitividad de acciones
Objetivo Específico 3:	Generar una alta disponibilidad de equipos

CONTENIDO TEMÁTICO

Audiencia	Tema	Contenido
Personal técnico	Metodología RCM	* Definición y beneficios del trabajo estandarizado
		* Determinación de componentes
		* Descripción de procedimientos operativos estándar
		* Determinación de secuencia lógica
		* Uso de herramientas
		* Explicar los procesos
		* Formatos y registros
		* Auditorias y controles

La Administración

Figura 15 Hoja de capacitación RCM

Elaboración propia

Nuevos diagramas de procesos

Para el cambio en el procedimiento también se desea una reducción del tiempo operativo del mantenimiento, es por ello que se plantean nuevos diagramas del procedimiento de mantenimiento para lograr una mayor disponibilidad de los vehículos; los cuales se muestran a continuación.

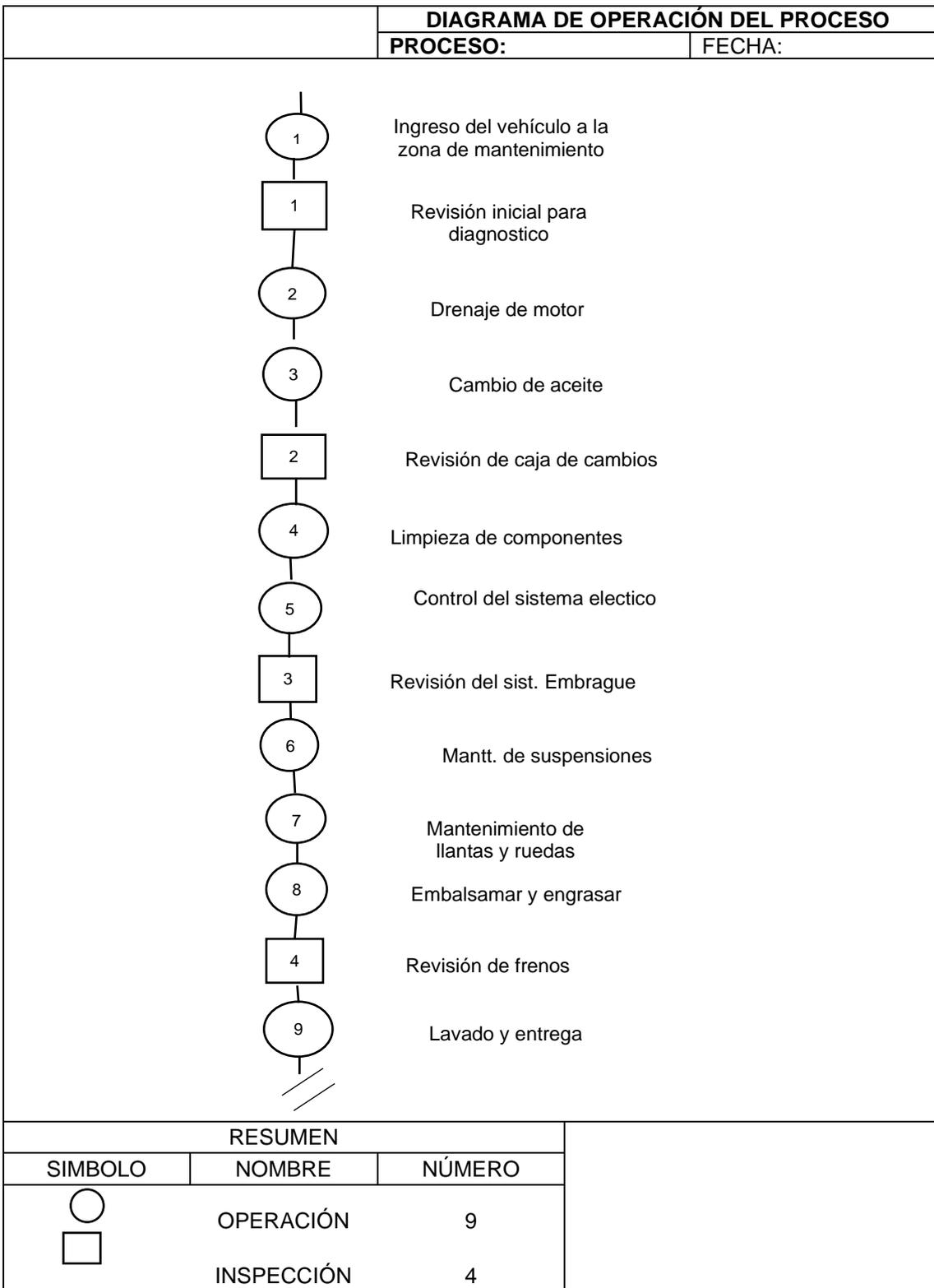


Figura 16 Diagrama de operaciones del proceso final

Elaboración propia

Tabla 6

Diagrama de análisis del proceso final

Diagrama De Análisis del Proceso									
Diagrama Nro. ___	Hoja ___ de ___	RESUMEN							
PRODUCTO:		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Proceso:		Operación ○	11	9	2				
Método:	Actual/Propuesto	Transporte ⇨							
Lugar:		Espera □							
Operario (s):		Inspección □	4	4	-				
Ficha núm.:		Almacenamiento ▽							
		Distancia (m)							
		Tiempo (min)	395	305	90				
Descripción	Cantidad	Tiempo	Símbolo					Observaciones	
			○	□	▭	⇨	▽		
Ingreso del vehículo a la zona de mantenimiento	1	5	X						
Revisión inicial para diagnóstico	1	10		X					
Drenaje del motor	1	10	X						
Cambio de aceite	1	45	X						
Revisión de caja de cambios	1	15		X					
Desmontaje y limpieza de componentes	1	25	X						
Control del sistema eléctrico	1	40	x						
Revisión del sistema de embrague	1	20		x					
Mantenimiento de suspensiones	1	35	X						
Mantenimiento de llantas y ruedas	1	30	X						
Engrasar y embalsamar	1	30	X						
Revisión de frenos		25		x					
Lavado y entrega	1	15	X						
Total	13	305	9	4					

Elaboración propia

En la figura anterior se observa que el tiempo total de las 13 actividades corresponde a 305 minutos, en donde las 9 de ellas son de operación y ocupan 235 minutos con el 77 % del tiempo y por otro lado, las 4 labores de revisión demoran 70 minutos, es decir, el 23 % del tiempo total.

Fichas RCM

Para el diagnóstico de la situación del vehículo se hará uso de las fichas u hojas de decisión RCM, las cuales permiten señalar la identificación de los puntos débiles a mejorar, la causa de los mismos y la propuesta para el cambio. Dicha información es útil porque permite llevar de forma secuencial los arreglos o mantenimientos que ha sufrido el vehículo, de este modo se registra información historia vital para diagnósticos futuros sobre el problema que pueda surgir. El detalle de las fichas RCM se muestra a través de la siguiente figura.

Hoja de decisiones RCM							Área:					
							Equipo:					
Referencias de información			Evaluación de Consecuencias				Acción falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
Nº	FF	FM	Grave	Media	Baja	Leve	S.Elec	S. Mec	Otro			
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
...												
...												
...												

Figura 17 Hoja de decisión RCM

Elaboración propia

Se observa que la primera sección corresponde a la referencia de la información sobre el vehículo, donde se debe indicar si la falla que presenta es por un tema

funcional (FF) o por algún problema mecánico (FM), luego se evalúan las consecuencias de dicha avería en una escala de grave, media, baja o leve. Por otro lado, también se debe indicar si la acción de falla es producto del sistema eléctrico, el sistema mecánico y otro. A partir de ello se propone una tarea para el incremento de la disponibilidad a través de intervalos de aplicación semanales, quincenales o según convenga; finalmente, se indica la persona encargada de dicho trabajo para el seguimiento correspondiente.

Procedimiento de labores de mantenimiento

Otro aspecto importante es tener un lineamiento claro sobre las labores de mantenimiento, lo cual será posible mediante el orden y estandarización de los procesos a seguir. En este sentido, se ha planteado un procedimiento para el mantenimiento preventivo de los vehículos dentro del taller lo cual permitirá que todos los equipos a ser atendidos sigan las especificaciones de la metodología RCM. A partir de la estandarización del proceso será posible identificar las fallas funcionales ante el debido tratamiento y también será posible evaluar la efectividad de los cambios de acuerdo a la circunstancia de cada vehículo.

En dicho procedimiento de mantenimiento se especifica el objetivo a alcanzar, a saber, el incremento de la disponibilidad en base a la aplicación de la metodología RCM; ello implica el cumplimiento del procedimiento o temario para la ejecución de labores. Dentro de este punto es importante especificar que todos los vehículos son responsables del taller, por lo que no existen méritos personales o particularidades a atender. Para lograr la reparación se podrá hacer uso de todas las herramientas dentro de la planta, con el permiso necesario de las personas encargadas. Finalmente, es necesario tener claro los lineamientos estratégicos para el cumplimiento de la propuesta a fin de elevar la disponibilidad. El formato para el procedimiento del mantenimiento se muestra en la siguiente figura.

PR- 01	Procedimiento para el mantenimiento RCM de vehículos	Pag. 01
Versión 01		__/__/2020
<p>I. Objetivo La finalidad del presente documento es determinar una metodología para el desarrollo de las actividades en el programa de mejora establecido. Para lograr un trabajo estandarizado se debe cumplir con la secuencia de las actividades en el tiempo determinado. Cuando este cumplimiento sea el adecuado se lograrán resultados más eficientes, con un mínimo margen de error y sin accidentes, lo cual mejorará la experiencia del cliente y los trabajadores de la empresa</p> <p>II. Meta Tener el total de los trabajadores capacitados para las actividades de mejora, para lo cual deben desarrollar sus habilidades estratégicas</p> <p>III. Alcance Este plan debe ser aplicado a todo el personal, tanto al área administrativa, técnica y operacional</p> <p>IV. Material a consultar *Material proporcionado por proveedores *Flujograma de trabajo *Evaluaciones de desempeño *Formatos de capacitación</p> <p>V. Responsabilidad *En los equipos de trabajo formados, el encargado debe velar por el cumplimiento de los planes de acción *El jefe del área debe velar por la capacitación en habilidades estratégicas</p> <p>VI. Recursos *Recurso humano de trabajadores y personal técnico *Recursos materiales como pizarras, plumones, lápices, hojas, entre otros.</p> <p>VII. Descripción del procedimiento o Temario Definición de trabajo estandarizado Determinación de los componentes Descripción de procedimientos estandarizados Determinación lógica de actividades Uso de herramientas para la implementación Explicar los procesos a seguir Beneficios de la estandarización Auditorías y controles</p>		

Figura 18 Procedimiento para el mantenimiento RCM de vehículos

Elaboración propia

Sistema de control y auditorías

Como parte de la supervisión y el cumplimiento de las mejoras, se presenta un cronograma para auditorías en cada uno de los enfoques planeados dentro de la

investigación, es decir, la mejora en la disponibilidad como parte del funcionamiento RCM y del sistema de mantenimiento; ello se explica en la siguiente tabla:

Tabla 7

Cronograma de auditorias

Tipo de auditoria	Objetivos	Principio	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	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Auditoria interna en disponibilidad	Se confirmará el seguimiento de las indicaciones para la mejora de la disponibilidad		█																																															
Auditoria interna en Mantenimiento	Se confirmará el seguimiento de las indicaciones para los principios mecánicos para el mejor funcionamiento de los sistemas del vehículo	Sistema eléctrico	█																																															
		Sistema de frenos			█																																													
		Sistema de embrague				█																																												
		Sistema de suspensión																																																
		Sistema de motor																																																
Auditoria interna en RCM	Se evaluará tanto la mejora del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio entre reparaciones		█																																															
Auditoria no planificada	Se realizará una auditoria no planificada sobre el contexto del funcionamiento de los cambios		█																																															

Elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, se desarrolla un cronograma tentativo de auditorías durante el periodo de 12 meses, es decir, un año posterior a la implementación de mejora como parte de un proceso de mejora continua en el mantenimiento de los vehículos. En primer lugar, se desarrollará una supervisión interna del cumplimiento de los indicadores de disponibilidad que será realizado por lo menos una vez al mes. En segundo lugar, se observa la presencia de la auditoría en el sistema de mantenimiento preventivo, lo cual confirmará el seguimiento de las indicaciones para los principios mecánicos para el mejor funcionamiento de los sistemas del vehículo, tales como el sistema eléctrico, de frenos, embrague, suspensión y motor. En tercer lugar, se comenta sobre la auditoría en la metodología RCM, en donde se evaluará la mejora en el tiempo medio entre fallas y reparaciones y finalmente, se ha considerado un espacio para las auditorías no planificadas como parte de la evaluación del contexto del funcionamiento de los cambios sugeridos en la investigación.

4.3. Análisis descriptivo

Variable independiente: Metodología RCM

En la presente sección se realizará el análisis descriptivo referido a la variable independiente, a saber, la aplicación de la metodología RCM durante 8 meses, 4 en el escenario previo y 4 en el posterior. Para observar las variaciones en cada una de sus dimensiones se presenta la siguiente tabla.

Tabla 8

Nivel de gestión de la variable independiente

		Confiabilidad Humana			Confiabilidad del proceso			Confiabilidad de equipos		
		Fallas corregidas	Fallas detectadas	CH	Inspeccion realizada	Inspeccion planteadas	CP	Equipos operativos	Total de equipos	CE
Pre	Mes 1	9	13	69.2%	5	10	50.0%	29	50	58.0%
	Mes 2	8	12	66.7%	3	10	30.0%	31	50	62.0%
	Mes 3	7	13	53.8%	4	10	40.0%	28	50	56.0%
	Mes 4	8	14	57.1%	3	10	30.0%	27	50	54.0%
Post	Mes 5	5	7	71.4%	13	15	86.7%	40	50	80.0%
	Mes 6	4	5	80.0%	15	18	83.3%	42	50	84.0%
	Mes 7	4	4	100.0%	16	18	88.9%	45	50	90.0%
	Mes 8	3	3	100.0%	19	20	95.0%	49	50	98.0%

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa el desarrollo de los indicadores del RCM que hacen referencia a la confiabilidad. En primer lugar, la confiabilidad humana ha experimentado una gran mejora a partir de la implementación dado que paso del 69.2% (mes 1) hasta el 100% (mes 8); por otro lado, la confiabilidad del proceso logró mejoras importantes dado el aumento de las inspecciones realizadas, pasando del 50% en el escenario inicial a 95% en el último periodo de evaluación; finalmente, la confiabilidad de los equipos incrementó debido al mayor número de equipos operativos en el proceso, en tanto que se mejoró desde el 58% al 98% en el final del análisis. Para observar de forma didáctica los cambios acontecidos se muestra la siguiente figura.

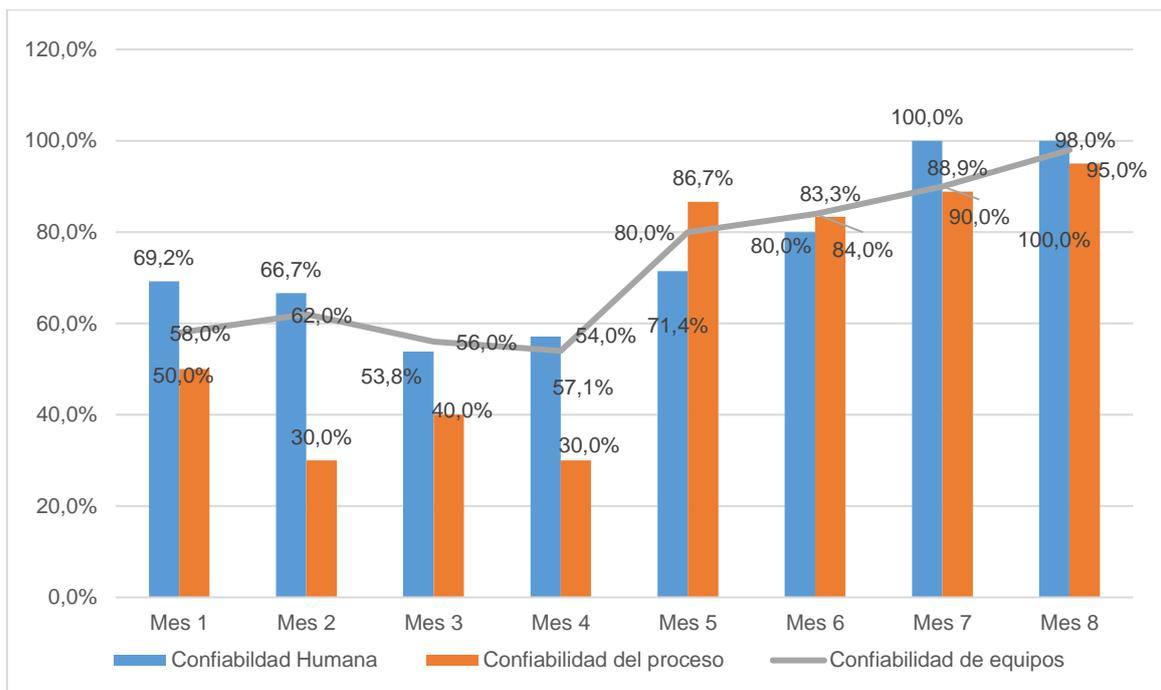


Figura 19 Nivel de gestión de la variable independiente

Elaboración propia

En la figura anterior se observa de forma clara el incremento de los indicadores correspondientes a la metodología RCM a partir del quinto mes, tanto la confiabilidad humana, del proceso y de equipos han logrado mejoras sustanciales hasta llegar a más del 95% del cumplimiento en el último periodo de evaluación. Desde otra perspectiva, se presentan los estadísticos descriptivos de la variable independiente a través de la siguiente tabla.

Tabla 9

Estadísticos descriptivos de la variable independiente

Descriptivos				Estadístico	Desv. Error
CH	Antes	Media		,6172	,03695
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4996	
			Límite superior	,7348	
		Media recortada al 5%		,6174	
		Mediana		,6190	
		Varianza		,005	
		Desv. Desviación		,07390	
		Mínimo		,54	
		Máximo		,69	
		Rango		,15	
		Rango intercuartil		,14	
		Asimetría		-,066	1,014
	Curtosis		-4,487	2,619	
Después	Media		,8786	,07226	

		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,6486	
			Límite superior	1,1085	
		Media recortada al 5%		,8810	
		Mediana		,9000	
		Varianza		,021	
		Desv. Desviación		,14451	
		Mínimo		,71	
		Máximo		1,00	
		Rango		,29	
		Rango intercuartil		,26	
		Asimetría		-,296	1,014
		Curtosis		-4,318	2,619
		CP	Antes	Media	
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			,2227	
	Límite superior			,5273	
Media recortada al 5%				,3722	
Mediana				,3500	
Varianza				,009	
Desv. Desviación				,09574	
Mínimo				,30	
Máximo				,50	
Rango				,20	
Rango intercuartil				,18	
Asimetría				,855	1,014
Curtosis			-1,289	2,619	
Después	Media		,8847	,02457	
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	,8065	
			Límite superior	,9629	
	Media recortada al 5%		,8840		
	Mediana		,8778		
	Varianza		,002		
	Desv. Desviación		,04914		
	Mínimo		,83		
	Máximo		,95		
	Rango		,12		
	Rango intercuartil		,09		
	Asimetría		,767	1,014	
Curtosis		,923	2,619		
CE	Antes	Media		,5750	,01708
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,5206	
			Límite superior	,6294	
		Media recortada al 5%		,5744	
		Mediana		,5700	
		Varianza		,001	
		Desv. Desviación		,03416	
		Mínimo		,54	
		Máximo		,62	
		Rango		,08	
		Rango intercuartil		,06	
		Asimetría		,753	1,014
	Curtosis		,343	2,619	
	Después	Media		,8800	,03916
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,7554	
			Límite superior	1,0046	
		Media recortada al 5%		,8789	
		Mediana		,8700	
		Varianza		,006	
		Desv. Desviación		,07832	
		Mínimo		,80	
		Máximo		,98	
		Rango		,18	
		Rango intercuartil		,15	
Asimetría		,600	1,014		
Curtosis		-,768	2,619		

Elaboración propia con el programa SPSSv25

Variable dependiente: Disponibilidad

El elemento central para la mejora en esta investigación fue la disponibilidad, es por ello que se realizó la implementación del RCM. En este sentido, en la presente sección se muestran los cambios de dicha variable durante los 8 meses de análisis considerando el escenario previo y posterior a la metodología, de esta manera será posible evaluar si los cambios efectuados han logrado la mejora de la disponibilidad de los equipos de la empresa, la información se muestra a través de la siguiente tabla.

Tabla 10

Nivel de gestión de la variable dependiente

		MTBF			MTTR			Disponibilidad
		Horas de operación	N° Fallas	MTBF	Horas de mantt.	N° Fallas	MTTR	
Pre	Mes 1	731	13	56.23	59	13	4.54	92.5%
	Mes 2	729	12	60.75	61	12	5.08	92.3%
	Mes 3	728	13	56.00	67	13	5.15	91.6%
	Mes 4	713	14	50.93	73	14	5.21	90.7%
Post	Mes 5	723	7	103.29	25	7	3.57	96.7%
	Mes 6	748	5	149.60	13	5	2.60	98.3%
	Mes 7	729	4	182.25	8	4	2.00	98.9%
	Mes 8	753	3	251.00	5	3	1.67	99.3%

Elaboración propia

En la tabla anterior se observa la evolución de la disponibilidad de los equipos en el escenario previo y posterior a la mejora; para hallar este indicador fue necesario el cálculo del tiempo medio entre fallas y reparaciones tal como se indica. En el primer mes de análisis se mostró una disponibilidad del 92.5% la cual fue disminuyendo en el desarrollo del escenario antes de la mejora; a partir de esa crisis se decide implementar el RCM. A partir del quinto mes se observan grandes cambios en la disponibilidad que fue del 96.7% y continuo mejorando hasta el último periodo donde alcanzo el valor del 99.3%. Para observar la evolución de forma clara se muestra la siguiente figura.

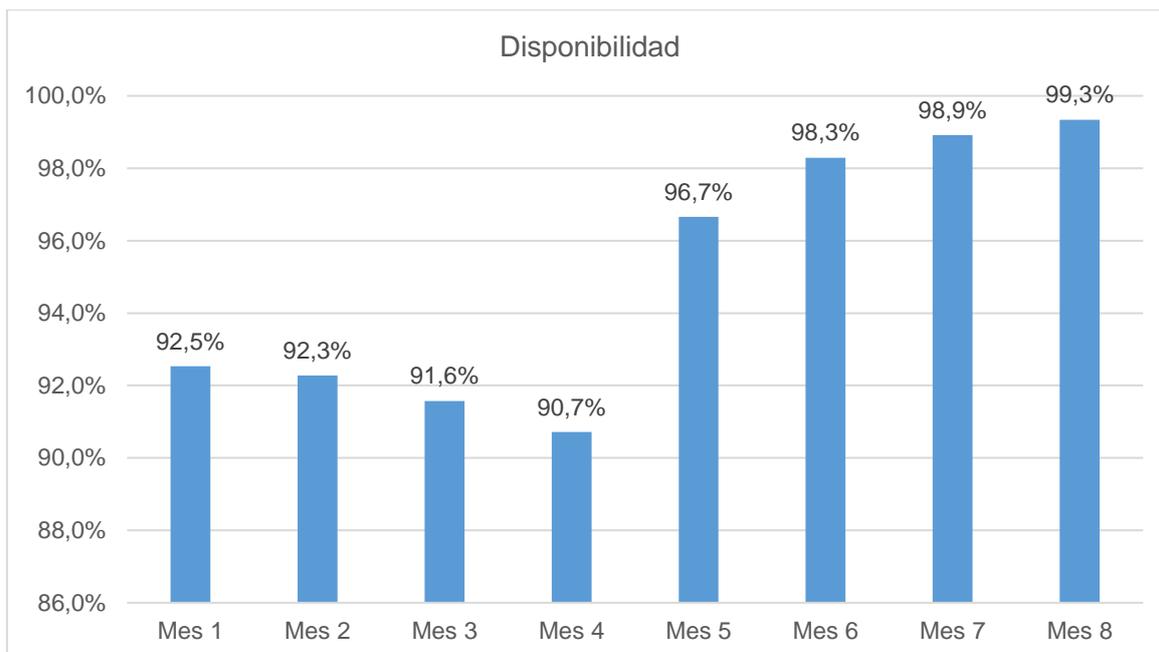


Figura 20 Nivel de gestión de la variable independiente

Elaboración propia

Es posible notar que el valor más bajo de la disponibilidad se alcanza en el cuarto mes de análisis con el 90.7%, luego de la aplicación de la metodología RCM se logra un incrementó hasta el 96.7% en el siguiente mes, dichas mejoras se mantienen de forma sostenida a lo largo de los meses 6 y 7 con valores del 98.3% y 98.9%, respectivamente. Finalmente, en el último periodo de evaluación se logra una disponibilidad del 99.3%, siendo este el valor más alto en todo el análisis, lo que indica la efectividad del RCM. Por otro lado, se presentan los estadísticos descriptivos de dicha variable en la siguiente tabla.

Tabla 11

Estadísticos descriptivos de la variable dependiente

Descriptivos					
	Escenario		Estadístico	Desv. Error	
Disponibilidad	Antes	Media	,9177	,00408	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9048	
			Límite superior	,9307	

		Media recortada al 5%	,9179	
		Mediana	,9193	
		Varianza	,000	
		Desv. Desviación	,00816	
		Mínimo	,91	
		Máximo	,93	
		Rango	,02	
		Rango intercuartil	,02	
		Asimetría	-,786	1,014
		Curtosis	-,963	2,619
	Después	Media	,9830	,00589
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9643
			Límite superior	1,0017
		Media recortada al 5%	,9833	
		Mediana	,9860	
		Varianza	,000	
		Desv. Desviación	,01177	
		Mínimo	,97	
		Máximo	,99	
		Rango	,03	
		Rango intercuartil	,02	
		Asimetría	-1,261	1,014
		Curtosis	1,432	2,619

Elaboración propia con el programa SPSSv25

Dimensión 1 de la variable dependiente: Fiabilidad (MTBF)

Para lograr cambios importantes en la disponibilidad de los equipos es necesario mejorar la fiabilidad de los mismos, lo cual se expresa a través del indicador del tiempo medio entre fallas, es decir, el tiempo que transcurre hasta que se presente algún inconveniente que afecte la disponibilidad y se deba recurrir a un mantenimiento correctivo. El desarrollo de este indicador a lo largo de los 8 meses de análisis se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 12

Nivel de gestión de la primera dimensión de la variable dependiente

		MTBF		
		Horas de operación	Nº Fallas	MTBF
Pre	Mes 1	731	13	56.23
	Mes 2	729	12	60.75
	Mes 3	728	13	56.00
	Mes 4	713	14	50.93
	Mes 5	723	7	103.29
Post	Mes 6	748	5	149.60
	Mes 7	729	4	182.25
	Mes 8	753	3	251.00

Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, se ha logrado una mejora en las horas de operación de los equipos, en tanto que las fallas que se presentaron han disminuido de forma considerable a partir de la implementación de la metodología RCM en el quinto mes, pasando de 13 en el primer mes a solo 3 en el último. Todo ello ha determinado un incremento importante del indicador MTBF que pasó 56.23 a 251, lo cual indica la efectividad de la metodología para reducir la presencia de fallas y alargar las horas útiles de operación de cada equipo, en tanto que estas pasaron del 731 en el mes 1 a 753 en el mes 8. Para observar los cambios que han sucedido a lo largo del tiempo de forma gráfica se presenta la siguiente figura.

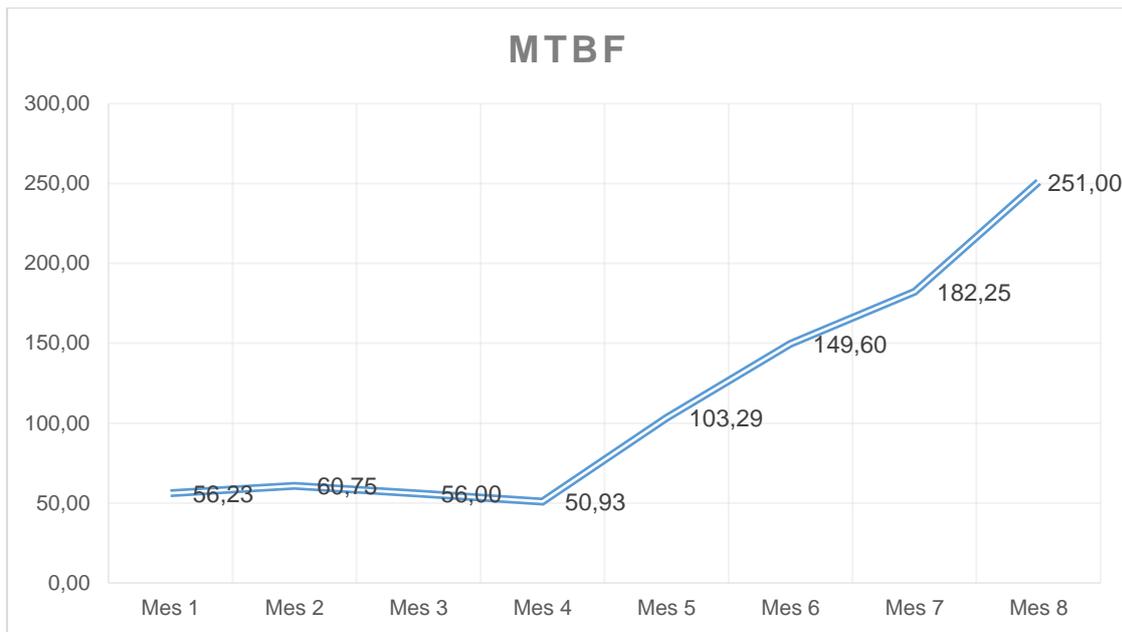


Figura 21 Nivel de gestión de la primera dimensión de la variable dependiente
Elaboración propia

Es posible notar que durante los primeros 4 meses el tiempo medio entre fallas muestra un comportamiento regular con índices bastante bajos debido a la gran cantidad de fallas presentadas, siendo de 56.23 para el primer mes, luego 60.75 para el segundo, 56 para el tercero y 50.93 para el cuarto. A partir de este escenario se decide implementar la metodología RCM y se observan cambios muy positivos para este indicador que logra un incremento sustancial para el sexto mes hasta el valor de 103.29 y en el último periodo de evaluación alcanza el 251. Desde otra perspectiva se muestran los estadísticos descriptivos de dicha variable a través de la siguiente tabla.

Tabla 13

Estadísticos descriptivos de la primera dimensión de la variable dependiente

Descriptivos					
	Escenario		Estadístico	Desv. Error	
MTBF	Antes	Media	55,9775	2,00662	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	49,5915	
			Límite superior	62,3635	
		Media recortada al 5%	55,9928		

		Mediana	56,1150	
		Varianza	16,106	
		Desv. Desviación	4,01324	
		Mínimo	50,93	
		Máximo	60,75	
		Rango	9,82	
		Rango intercuartil	7,42	
		Asimetría	-,205	1,014
		Curtosis	1,507	2,619
	Después	Media	171,5350	31,04838
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	72,7252
			Límite superior	270,3448
		Media recortada al 5%	170,9117	
		Mediana	165,9250	
		Varianza	3856,007	
		Desv. Desviación	62,09676	
		Mínimo	103,29	
		Máximo	251,00	
		Rango	147,71	
		Rango intercuartil	118,95	
		Asimetría	,486	1,014
		Curtosis	,357	2,619

Elaboración propia con el programa SPSSv25

Dimensión 2 de la variable dependiente: Mantenibilidad (MTTR)

La segunda dimensión a considerar para la mejora de la disponibilidad es la mantenibilidad que se expresa a través del indicador del tiempo medio para reparaciones (MTTR). El análisis de esta dimensión ha sido realizado, al igual que las demás, durante 8 meses, considerando un escenario previo y posterior a la metodología RCM para observar los cambios. Para observar los cambios en el tiempo medio entre reparaciones, por el cálculo de las horas de mantenimiento y el número de fallas, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 14

Nivel de gestión de la segunda dimensión de la variable dependiente

		MTTR		
		Horas de mantt.	Nº Fallas	MTTR
Pre	Mes 1	59	13	4.54
	Mes 2	61	12	5.08
	Mes 3	67	13	5.15
	Mes 4	73	14	5.21
	Mes 5	25	7	3.57
Post	Mes 6	13	5	2.60
	Mes 7	8	4	2.00
	Mes 8	5	3	1.67

Elaboración propia

En la tabla mostrada anteriormente, se observa el desarrollo de la dimensión del tiempo medio para reparaciones como resultado de la interacción entre las horas de mantenimiento y el número de fallas; para el caso del primero se logró una reducción de 59 horas en el primer mes hasta 5 horas en el último periodo, respecto al número de fallas, se obtuvo también una reducción desde 13 a 3. Todo ello determina que el MTTR se haya reducido desde 4.54 en el primer mes de evaluación hasta 1.67 en el último, lo cual muestra una mejora en el indicador puesto que los equipos se encuentran más tiempo operativos para el proceso productivo. Para mostrar de forma gráfica los cambios que han sucedido en los 8 meses se presenta la figura a continuación.

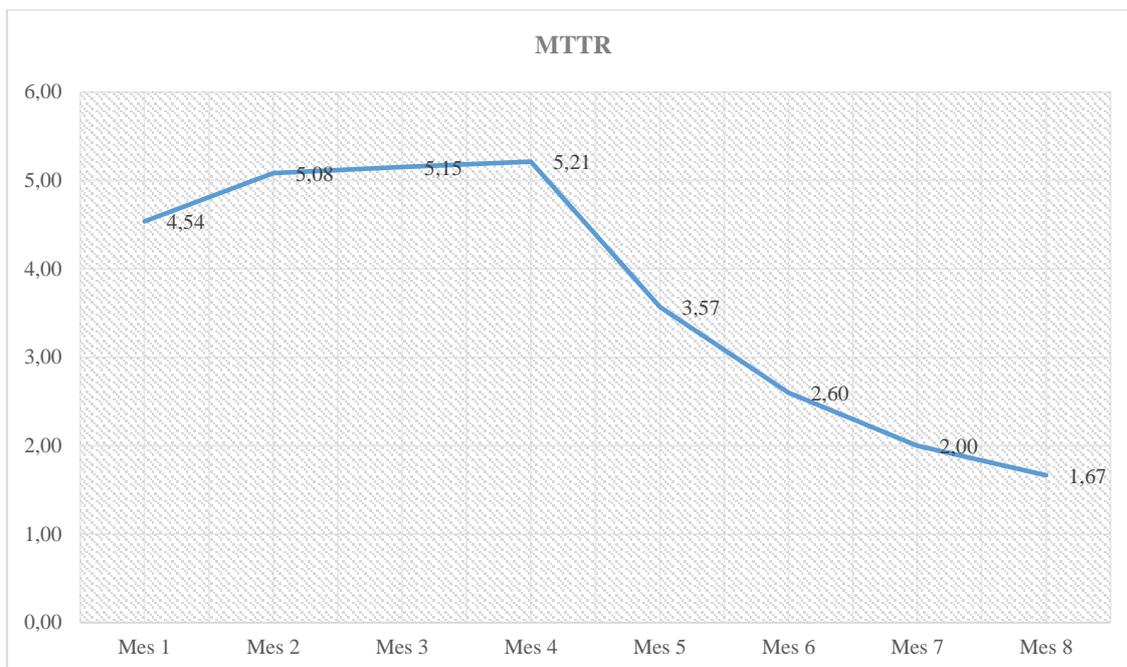


Figura 22 Nivel de gestión de la segunda dimensión de la variable dependiente
Elaboración propia

Durante la primera etapa (previo a la mejora) se observa un comportamiento creciente en poca proporción del tiempo medio para reparaciones, el cual alcanza su nivel más alto en el mes 4 con un valor de 5.21; ello indica que los vehículos se encuentran con menor disponibilidad que antes, es decir, se toma mucho tiempo para los arreglos. A partir de ello se plantea la mejora en la metodología RCM y se obtienen reducciones importantes para el mes 5 con un valor de 3.57, luego pasa a 2.60 en el mes 6 y alcanza su valor más bajo en el último periodo de evaluación siendo de 1.67, es decir, ahora se toman menos tiempo en las reparaciones por lo que el equipo se encuentra con una mejor disponibilidad. Por otro lado, para el detalle del indicador se presentan los estadísticos descriptivos a través de la siguiente tabla.

Tabla 15

Estadísticos descriptivos de la segunda dimensión de la variable dependiente

Descriptivos				
	Escenario		Estadístico	Desv. Error
MTTR	Antes	Media	4,9950	,15398

		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,5050				
			Límite superior	5,4850				
		Media recortada al 5%			5,0083			
		Mediana			5,1150			
		Varianza			,095			
		Desv. Desviación			,30795			
		Mínimo			4,54			
		Máximo			5,21			
		Rango			,67			
		Rango intercuartil			,52			
		Asimetría			-1,824	1,014		
		Curtosis			3,411	2,619		
		Después		Media			2,4600	,41707
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,1327		
Límite superior	3,7873							
Media recortada al 5%				2,4422				
Mediana				2,3000				
Varianza				,696				
Desv. Desviación				,83415				
Mínimo				1,67				
Máximo				3,57				
Rango				1,90				
Rango intercuartil				1,57				
Asimetría				,896	1,014			
Curtosis			-,055	2,619				

Elaboración propia con el programa SPSSv25

4.4. Análisis inferencial

Pruebas de normalidad

Variable independiente: Metodología RCM

Tabla 16

Análisis de normalidad de la variable independiente

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CH	1,00	,248	4	.	,902	4	,442
	2,00	,300	4	.	,842	4	,200
CP	1,00	,283	4	.	,863	4	,272
	2,00	,216	4	.	,971	4	,848
CE	1,00	,192	4	.	,971	4	,850
	2,00	,195	4	.	,971	4	,850

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Regla de decisión:

Ho: Los datos muestrales de la metodología RCM no siguen una distribución normal

H1: Los datos muestrales de la metodología RCM siguen una distribución normal

Decisión:

Con un nivel de significancia por debajo de 0.05, se dice que se acepta la hipótesis nula, la misma que sostiene que los datos muestrales no siguen una distribución normal; mientras que si la significancia es mayor a 0.05 no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador. En la tabla anterior se observa una significancia 0.442, 0,200, 0.272, 0.848, 0.850 y 0.850 > 0.05, por lo que no se acepta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador la cual sostiene que los datos provienen de una distribución normal. Para graficar este escenario se muestra el histograma de la distribución.

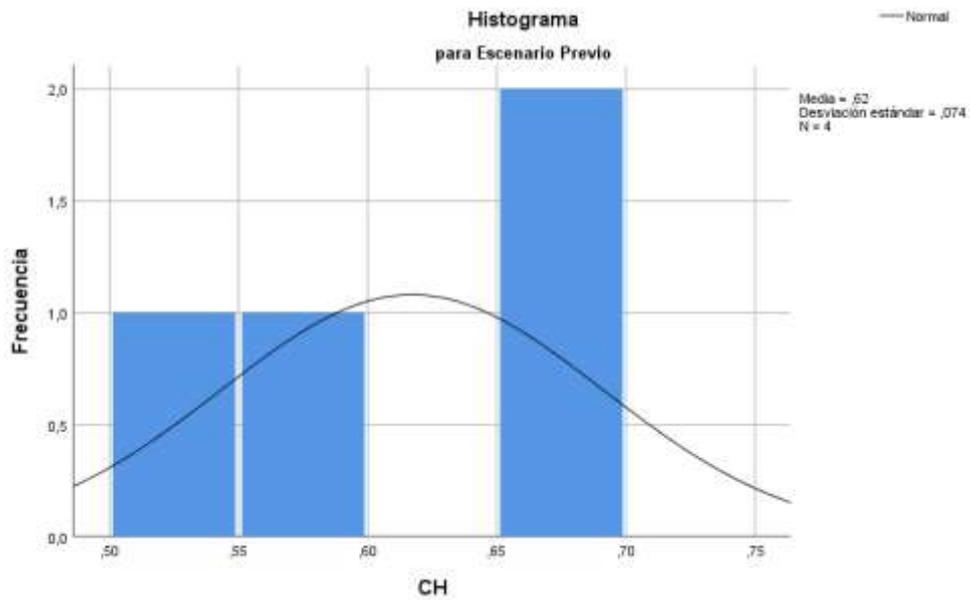


Figura 23 Histograma el escenario anterior a la mejora de la variable independiente
Elaboración propia

En la siguiente figura se observa que los datos de la variable independiente, la metodología RCM, se encuentran centrados, por lo que se concluye que provienen de una distribución normal.

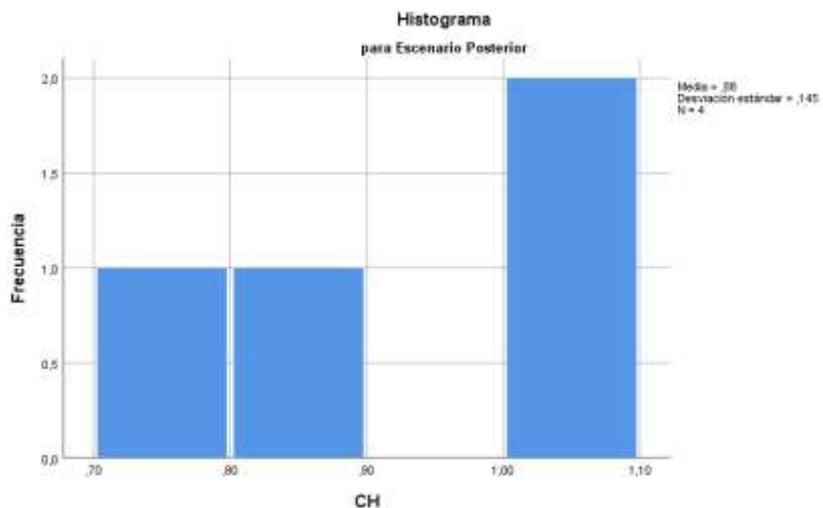


Figura 24 Histograma escenario posterior a la mejora de la variable independiente
Elaboración propia

Variable independiente: Disponibilidad

Tabla 17

Análisis de normalidad de la variable dependiente

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad	1,00	,232	4	.	,937	4	,637
	2,00	,247	4	.	,912	4	,494

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Regla de decisión:

Ho: Los datos muestrales de la disponibilidad no siguen una distribución normal

H1: Los datos muestrales de la disponibilidad siguen una distribución normal

Decisión:

Con un nivel de significancia por debajo de 0.05, se dice que se acepta la hipótesis nula, la misma que sostiene que los datos muestrales no siguen una distribución normal; mientras que si la significancia es mayor a 0.05 no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador. En la tabla anterior se observa una significancia 0.637 y 0.494 > 0.05, por lo que no se acepta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador la cual sostiene que los datos provienen de una distribución normal. Para graficar este escenario se muestra el histograma de la distribución.

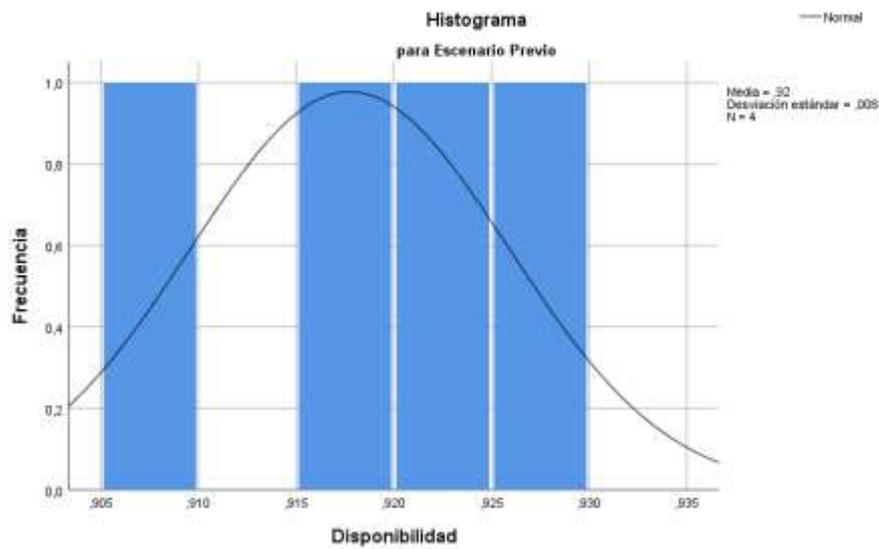


Figura 25 Histograma el escenario anterior a la mejora de la variable dependiente
Elaboración propia

En la siguiente figura se observa que los datos de la variable independiente, la disponibilidad, se encuentran centrados, por lo que se concluye que provienen de una distribución normal.

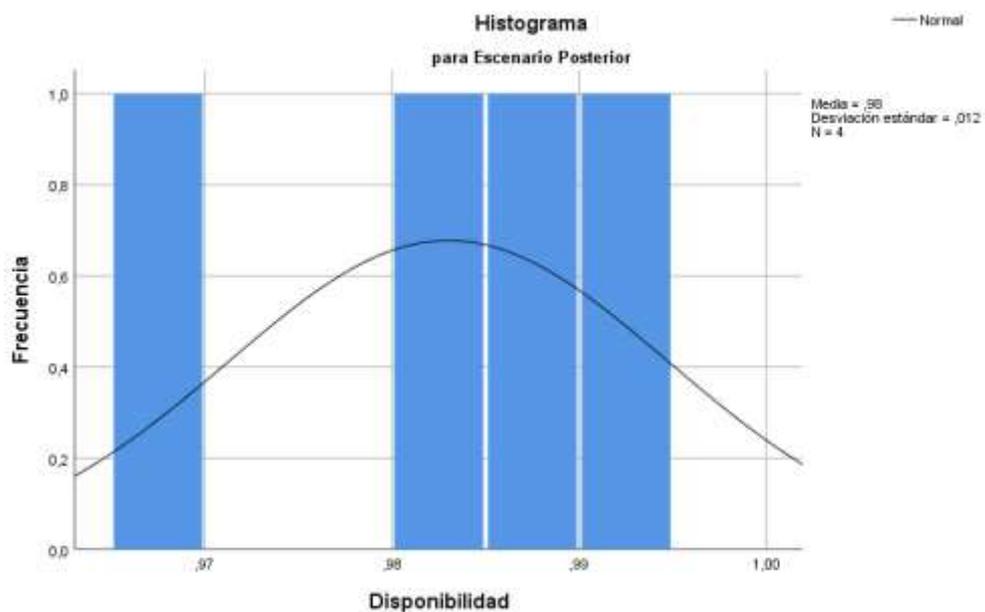


Figura 26 Histograma el escenario posterior a la mejora de la variable dependiente
Elaboración propia

Dimensión 1 de la variable dependiente: Fiabilidad (MTBF)

Tabla 18

Análisis de normalidad de la dimensión fiabilidad

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTBF	1,00	,252	4	.	,953	4	,737
	2,00	,182	4	.	,989	4	,951

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Regla de decisión:

Ho: Los datos muestrales de la fiabilidad no siguen una distribución normal

H1: Los datos muestrales de la fiabilidad siguen una distribución normal

Decisión:

Con un nivel de significancia por debajo de 0.05, se dice que se acepta la hipótesis nula, la misma que sostiene que los datos muestrales no siguen una distribución normal; mientras que si la significancia es mayor a 0.05 no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador. En la tabla anterior se observa una significancia 0.737 y 0.951 > 0.05, por lo que no se acepta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador la cual sostiene que los datos provienen de una distribución normal. Para graficar este escenario se muestra el histograma de la distribución.

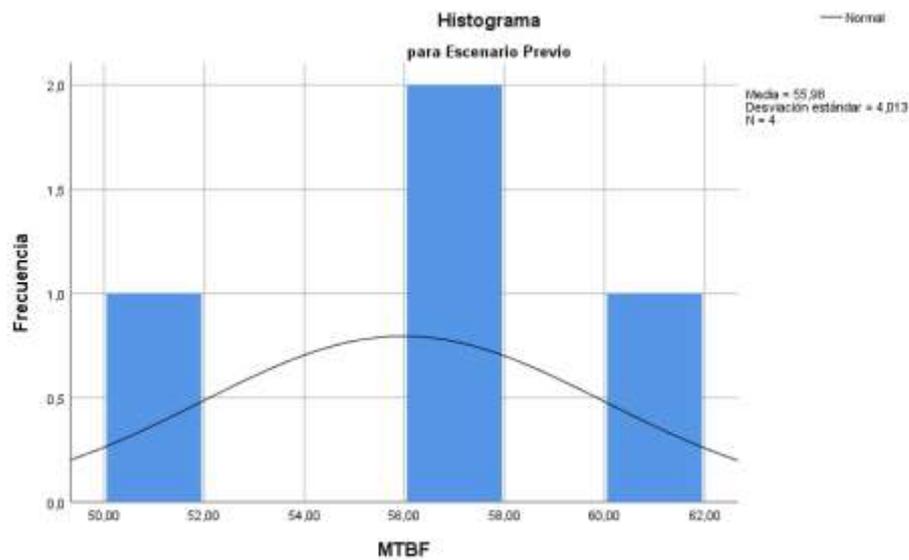


Figura 27 Histograma el escenario anterior a la mejora de la dimensión fiabilidad
Elaboración propia

En la siguiente figura se observa que los datos de la variable independiente, la disponibilidad, se encuentran centrados, por lo que se concluye que provienen de una distribución normal.

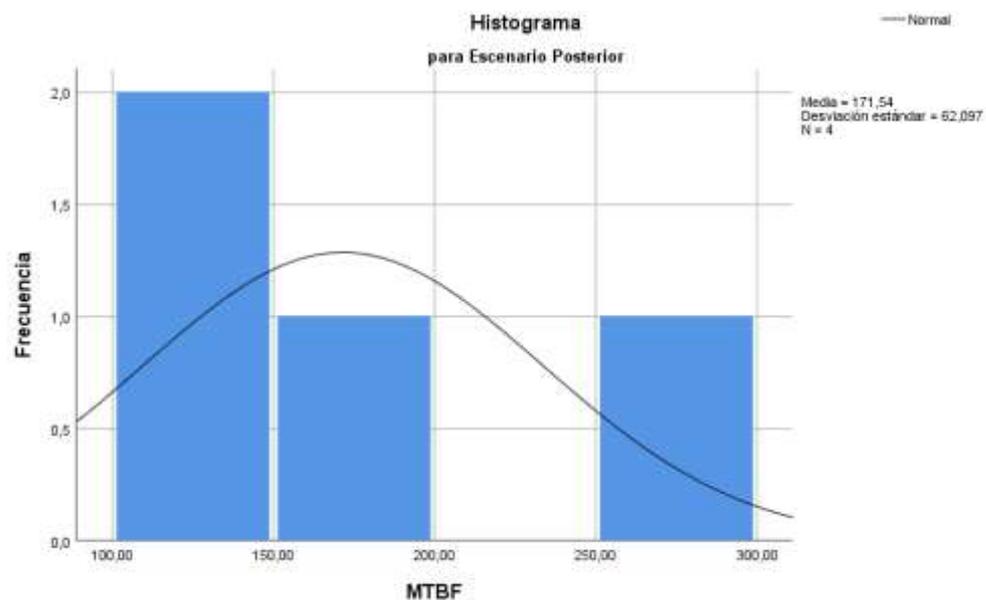


Figura 28 Histograma el escenario posterior a la mejora de la dimensión fiabilidad
Elaboración propia

Dimensión 1 de la variable dependiente: Mantenibilidad (MTTR)

Tabla 19

Análisis de normalidad de la dimensión mantenibilidad

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTTR	1,00	,359	4	.	,783	4	,076
	2,00	,209	4	.	,946	4	,694

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Regla de decisión:

Ho: Los datos muestrales de la mantenibilidad no siguen una distribución normal

H1: Los datos muestrales de la mantenibilidad siguen una distribución normal

Decisión:

Con un nivel de significancia por debajo de 0.05, se dice que se acepta la hipótesis nula, la misma que sostiene que los datos muestrales no siguen una distribución normal; mientras que si la significancia es mayor a 0.05 no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador. En la tabla anterior se observa una significancia 0.076 y 0.694 > 0.05, por lo que no se acepta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador la cual sostiene que los datos provienen de una distribución normal. Para graficar este escenario se muestra el histograma de la distribución.

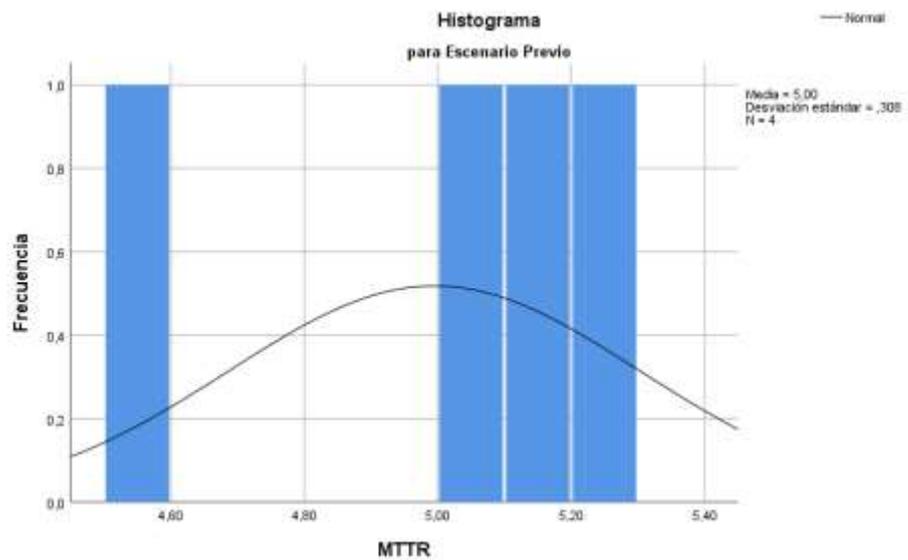


Figura 29 Histograma escenario anterior a la mejora de la dimensión mantenibilidad
Elaboración propia

En la siguiente figura se observa que los datos de la variable dependiente, la mantenibilidad, se encuentran centrados, por lo que se concluye que provienen de una distribución normal.

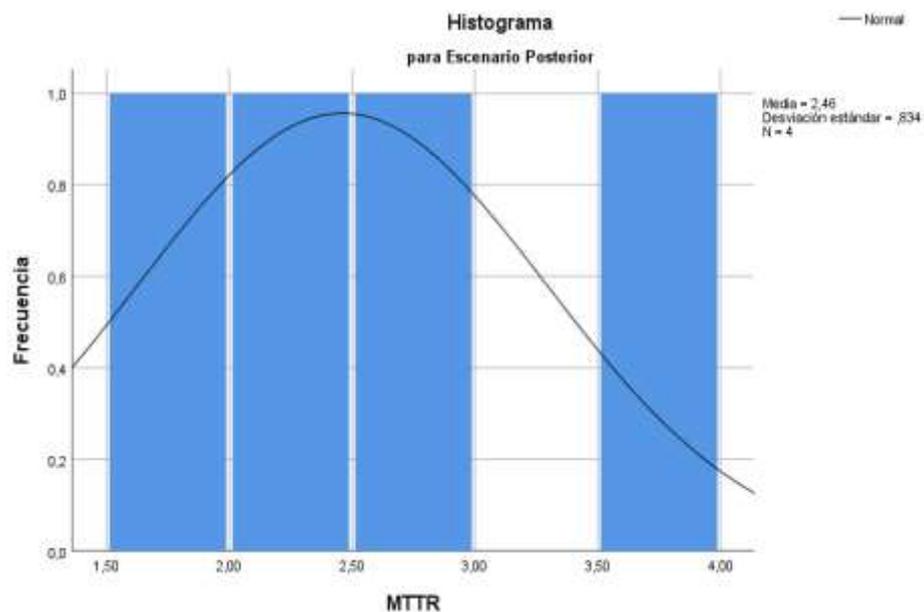


Figura 30 Histograma escenario posterior a la mejora de la dimensión mantenibilidad
Elaboración propia

Contrastación de Hipótesis

Hipótesis general:

Ho: La aplicación de la metodología RCM no incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

H1: La aplicación de la metodología RCM incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Tabla 20

Estadísticas de muestras relacionadas de la hipótesis general

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Dis_Pre	,9177	4	,00816	,00408
	Dis_Post	,9830	4	,01177	,00589

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Tabla 21

Correlaciones muestrales relacionadas de la hipótesis general

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Dis_Pre & Dis_Post	4	-,860	,140

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Tabla 22

Análisis estadístico de muestras emparejadas relacionadas la hipótesis general

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			
Par 1	Dis_Pre - Dis_Post	- ,06527	,01924	,00962	-,09589	-,03466	- 6,785	3	,007

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Regla de decisión:

H_0 : μ nivel de disponibilidad de camiones antes \geq μ nivel de disponibilidad de camiones después

H_a : μ nivel de disponibilidad de camiones antes \leq μ nivel de disponibilidad de camiones después

En la información provista en las tablas anteriores se ha demostrado, mediante el uso de la estadística inferencial que la media de la disponibilidad de camiones antes (91.77%) es menor a la media en el escenario posterior (98.30%); además se halló un nivel de significancia de $0.007 < 0.05$; por lo tanto, no se cumple con H_0 : μ nivel de disponibilidad de camiones antes \geq μ nivel de disponibilidad de camiones después. En este sentido, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna que sostiene que la aplicación de la metodología RCM incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Primera hipótesis específica:

Ho: La aplicación de la metodología RCM no incrementará el tiempo entre fallas de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

H1: La aplicación de la metodología RCM incrementará el tiempo entre fallas de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Tabla 23

Estadísticas de muestras relacionadas de la primera hipótesis específica

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	MTBF_Pre	55,9775	4	4,01324	2,00662
	MTBF_Post	171,5350	4	62,09676	31,04838

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Tabla 24

Correlaciones muestrales relacionadas de la hipótesis general

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	MTBF_Pre & MTBF_Post	4	-,699	,301

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Tabla 25

Análisis estadístico de muestras emparejadas relacionadas la hipótesis general

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			
Par 1	MTBF_Pre - MTBF_Post	-115,55750	64,96638	32,48319	-218,93350	-12,18150	-3,557	3	,038

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Regla de decisión:

H_0 : μ nivel de fiabilidad de camiones antes \geq μ nivel de fiabilidad de camiones después

H_a : μ nivel de fiabilidad de camiones antes \leq μ nivel de fiabilidad de camiones después

En la información provista en las tablas anteriores se ha demostrado, mediante el uso de la estadística inferencial que la media de la fiabilidad de camiones antes (55.97) es menor a la media en el escenario posterior (171.53); además se halló un nivel de significancia de $0.038 < 0.05$; por lo tanto, no se cumple con H_0 : μ nivel de fiabilidad de camiones antes \geq μ nivel de fiabilidad de camiones después. En este sentido, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna que sostiene que la aplicación de la metodología RCM incrementará el tiempo entre fallas de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Segunda hipótesis específica:

Ho: La aplicación de la metodología RCM no disminuirá el tiempo entre reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

H1: La aplicación de la metodología RCM disminuirá el tiempo entre reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

Tabla 26

Estadísticas de muestras relacionadas de la primera hipótesis específica

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	MTTR_Pre	4,9950	4	,30795	,15398
	MTTR_Post	2,4600	4	,83415	,41707

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Tabla 27

Correlaciones muestrales relacionadas de la hipótesis general

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	MTTR_Pre & MTTR_Post	4	-,953	,047

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Tabla 28

Análisis estadístico de muestras emparejadas relacionadas la hipótesis general

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			
Par 1	MTTR_Pre - MTTR_Post	2,53500	1,13144	,56572	,73462	4,33538	4,481	3	,021

Fuente: Elaboración propia con el programa SPSSv.25

Regla de decisión:

H_0 : μ nivel de mantenibilidad de camiones antes \leq μ nivel de mantenibilidad de camiones después

H_a : μ nivel de mantenibilidad de camiones antes \geq μ nivel de mantenibilidad de camiones después

En la información provista en las tablas anteriores se ha demostrado, mediante el uso de la estadística inferencial que la media de la mantenibilidad de camiones antes (4.995) es mayor a la media en el escenario posterior (2.460); además se halló un nivel de significancia de $0.021 < 0.05$; por lo tanto, no se cumple con H_0 : μ nivel de mantenibilidad de camiones antes \leq μ nivel de mantenibilidad de camiones después. En este sentido, no se acepta la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna que sostiene que la aplicación de la metodología RCM disminuirá el tiempo entre reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.

V. DISCUSIÓN

En la discusión de resultados se presenta la comparación de los hallazgos encontrados en los trabajos mencionados como antecedentes y los de la presente investigación, a modo de conocer si se ha seguido la tendencia o si se han logrado alcances similares. En este sentido, se tomará como guía el planteamiento de hipótesis realizado al inicio de la investigación para desarrollar cada una de las discusiones según sea el caso; cada una de ellas se muestra a continuación.

En primer lugar, se comprueba que aplicación de la metodología RCM incrementa la disponibilidad de camiones dado que se obtiene una mejora de la media del escenario previo de 91.77% hasta el 98.3% en la media del escenario posterior; además, con el uso de la estadística inferencial, se halló una significancia de $0.007 < 0.05$, lo que valida la hipótesis. De forma similar a nivel internacional, en Bhangu, Pahuja y Shing (2017) se observa una mejora de la disponibilidad de los equipos desde el 88% hasta el 95% por la aplicación de la metodología RCM y en Hipni, Tian y Rimawan (2018) se concluye que el programa del mantenimiento preventivo basado en dicha metodología logra aumentar la disponibilidad por la mejora en el tiempo medio entre fallas y para reparaciones.

Por otro lado, en el escenario nacional se observan hallazgos similares en Ramírez y Yanac (2019) dado se determina un cambio en la disponibilidad de los equipos de una empresa convertidora de papel del 10.4 % y en el análisis estadístico inferencial se halló una significancia de $0.000 < 0.05$; luego en Aldana y Cornetero (2017) se logra una mejora en la disponibilidad de los vehículos de una empresa de transportes en Chiclayo desde el de 73% a 85%. Desde otra perspectiva, en Cáceres (2016), dada la aplicación del RCM en Huancayo, se obtiene una mejora de la disponibilidad en menor proporción, puesto que pasó del 89.42% al 90.78% y finalmente, en Díaz y Garate (2017) la confiabilidad de los equipos aumenta hasta el 99.85% producto de la mejora en el MTBF y MTTR.

En segundo lugar, se valida la hipótesis donde se sostiene que la aplicación de la metodología RCM incrementa el tiempo medio entre fallas (MTBF) de los camiones, dado que en el escenario previo este valor fue de 55.97 y pasó a 171.53 en el escenario posterior; adicionalmente, esta afirmación se sustenta en la estadística

inferencial con una significancia de $0.038 < 0.05$. En el escenario internacional, según Tudon et al. (2019), con la aplicación del RCM el indicador del tiempo medio entre fallas (MTBF) pasó de 5,566.7 a 14,785.21 minutos, en los escenarios pre y post, respectivamente; luego en Fang et al. (2019) en el tiempo medio entre fallas (MTBF) se determinó un valor inicial de 34.78 días y luego de la implementación de la mejora fue de 74.46 días, esto representa un incremento del 114%, lo que muestra la efectividad de la metodología RCM.

A nivel nacional, se obtiene un resultado similar en por Ramírez y Yanac (2019), en tanto que el indicador MTBF (tiempo medio entre fallas) pasó de 378 horas en la situación previa a 1270.6 en el escenario posterior; por otro lado en López (2018), respecto al tiempo medio entre fallas, se determinó un valor inicial de 80 días y luego de la implementación del RCM fue de 150 días, esto representa un incremento del 86%. En el trabajo de Cáceres (2016) el indicador MTFB pasó de 41 a 46 días por la implementación de la mejora.

En tercer lugar, se afirma la hipótesis que la aplicación de la metodología RCM disminuye el tiempo medio para reparaciones de los camiones, en tanto que se ha logrado una mejora de la media del escenario previo de 4.995 a 2.460 en la media del escenario posterior; adicionalmente, esta afirmación se basa en la estadística inferencial donde se halló un nivel de significancia de $0.021 < 0.05$. A nivel nacional, se observa que en Ramírez y Yanac (2019) este indicador experimento un cambio similar, en tanto que paso de 80.8 horas en el escenario inicial a 27.8 al final; luego en Cáceres (2016) el tiempo medio para reparaciones se redujo de 4 a 3 horas, lo que permite una mayor disponibilidad del equipo. En el escenario internacional, en Tudon et al. (2019) el MTTR también experimento una mejora que se refleja en la disminución de 49.133 minutos en la situación inicial a 10 minutos en el escenario posterior a la metodología RCM, luego en Hipni, Tian y Rimawan (2018) el tiempo medio para reparaciones se redujo considerablemente de 84 a 3.5 horas, es decir un cambio del 95.8% y finalmente, en Fang et al. (2018) el tiempo medio para reparaciones paso de 3.1 a 1.43 días por el uso de esta metodología.

VI. CONCLUSIONES

En la presente sección se muestran las conclusiones a las que ha llegado la investigación luego de haber implementado la propuesta basada en la metodología RCM para un cambio en la disponibilidad de camiones en la empresa Salcedo Motors. En este sentido, el desarrollo de las conclusiones estará guiado por los objetivos trazados al inicio del trabajo y se mencionan en las siguientes líneas.

De manera general se concluye que la aplicación de la metodología RCM incrementa la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019, en tanto que se logra una mejora de la media del escenario previo de 91.77% hasta el 98.3% en la media del escenario posterior; ello se afirma con el análisis estadístico inferencial donde se halló un nivel de significancia de $0.007 < 0.05$. A continuación se presentan las conclusiones específicas.

En segundo lugar, se concluye que la aplicación de la metodología RCM incrementa el tiempo medio entre fallas de los camiones de la empresa Salcedo Motors 2019, dado que se ha obtenido una mejora de la media del escenario previo de 55.97 a 171.53 en la media del escenario posterior, lo que implica que el vehículo se encuentra en las operaciones por un mayor tiempo; adicionalmente, esta afirmación se sustenta en el análisis estadístico inferencial donde se halló un nivel de significancia de $0.038 < 0.05$.

En tercer lugar, se concluye que la aplicación de la metodología RCM disminuye el tiempo medio para reparaciones de los camiones de la empresa Salcedo Motors 2019, debido a que se ha logrado una mejora de la media del escenario previo de 4.995 a 2.460 en la media del escenario posterior, lo que implica que el vehículo se encuentra en reparaciones (fuera de las operaciones) un menor tiempo; además, esta afirmación se fundamenta en el análisis estadístico inferencial donde se halló un nivel de significancia de $0.021 < 0.05$.

VII. RECOMENDACIONES

En el último apartado de la investigación se realiza el comentario de recomendaciones o sugerencias a seguir mejorando en base al desarrollo del trabajo para el funcionamiento de los volquetes dentro de la empresa. Es preciso resaltar que cada recomendación debe estar orientada a cada uno de los objetivos planteados en el primer capítulo; el desarrollo de cada una se muestra a continuación.

De manera general, se recomienda continuar con el sistema de supervisión y control de los indicadores a modo que los cambios en la disponibilidad de volquetes se mantenga de forma constante a lo largo del tiempo; a partir del cumplimiento de auditorías y controles constantes se podrá conocer el grado de aplicación de la metodología RCM más allá del tiempo de ejecución de la presente investigación.

Se recomienda, en segundo lugar, implementar un sistema de trabajo basado en la mejora continua del ciclo de Deming para lograr un mayor tiempo entre las fallas de los volquetes. De dicha forma se podrá evaluar los aspectos a mejorar dentro de este indicador y así extender la vida útil del equipo dentro de las actividades productivas que realiza.

Finalmente, se recomienda aplicar una metodología de trabajo Lean para el mantenimiento de volquetes; de esta manera el tiempo durante las reparaciones será cada vez menor, lo que determina una mayor disponibilidad de los volquetes para las operaciones de transporte.

VIII. REFERENCIAS

- Afzali, P., Keynia, F., & Rashidinejad, M. (2019). A new model for reliability-centered maintenance prioritisation of distribution feeders. *Energy Vol 171 N° 15*, 701-709; <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.040>.
- Alavedra, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., . . . Moreno, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial N° 34*; , ISSN 1025-9929, 11-26.
- Alavian, P., Eun, Y., Liu, K., Meerkov, S., & Zhang, L. (2019). The (α, β) -Precise Estimates of MTBF and MTTR: Definitions, Calculations, and Induced Effect on Machine Efficiency Evaluation. *IFAC-PapersOnLine Vol 52 N° 13*, 1004-1009.
- Aldana, J., & Cornetero, J. (2017). *Gestión del mantenimiento utilizando la herramienta RCM para aumentar la productividad de los vehículos en la Empresa Transporte Chiclayo S.A. – 2017*. Pimentel, Lambayeque: Universidad Señor de Sipan.
- Amin, T., Khan, F., & Zuo, M. (2019). A bibliometric analysis of process system failure and reliability literature. *Engineering Failure Analysis Vol 106*, 1-24.
- Awad, M., & Afif, R. (2016). Reliability centered maintenance actions prioritization using fuzzy inference systems. *Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 22 N° 4*; ISSN: 1355-2511, 433-452; <https://doi.org/10.1108/JQME-07-2015-0029>.
- Berger, E., Yarin, A., Velásquez, C., Gambini, I., De la Cruz, L., Nuñez, L., . . . Gálvez, H. (2015). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera. *PESQUIMAT Vol 18 N° 2*, 5-18.
- Bhangu, N., Pahuja, G., & Singh, R. (2017). Enhancing reliability of thermal power plant by implementing RCM policy and developing reliability prediction model: a case study. *International Journal of System Assurance Engineering and Management Vol 8*, 1923–1936.
- Braglia, M., Castellano, D., & Gallo, M. (2019). A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work. *Journal of Quality in*

- Maintenance Engineering Vol. 25 N° 4, 612-634;*
<https://doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018>.
- Caballero, C., & Clavero, J. (2016). *UF1466 - Sistemas de almacenamiento*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Cáceres, C. (2016). *La aplicación del RCM para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquina secadora circular 2400x de la empresa Corporación Jarcon S.A.C*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (2018). 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*.
- Devaraj, B., & Kumar, P. (2016). Application of Reliability Centered Maintenance on Horizontal Boring Machine - A Case Study. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science Vol 3 N° 7, 27-34*.
- Díaz, R., & Garate, W. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento y aplicación de un cuadro de mando para el incremento de la productividad de la planta de procesamiento de granos andinos de Villa Andina SAC, en el año 2016*. Lima: Univerisdad Privada del Norte.
- Emovon, I., Norman, R., & Murphy, A. (2016). Elements of a maintenance system and tools for implementation within framework of Realiability Centred Maintenance - Review. *Journal of Mechanical Engineering and Technology Vol 8 N° 2, 1-34*.
- Fang, F., Zhao, Z., Huang, C., Zhang, X., Wang, H., & Yang, Y. (2019). Application of Reliability-Centered Maintenance in Metro Door System. *IEEE Access Vol 7, 186167- 186174*.
- García , I. (2016). *Anatomía de sistemas: Su análisis y su apoyo*. Madrid, España: Diaz Santos.
- García , O. (2017). *Análisis de Confiabilidad Humana del Personal de una Planta de Generación Eléctrica* . Cartagena, Colombia: VII Congreso Mundial de Mantenimiento y Gestión de Activo.
- Ghorani, R., Fotuhi, M., Dehghanian , P., & Li, W. (2015). Identifying critical components for reliability centred maintenance management of deregulated

- power systems. *IET Generation, Transmission & Distribution Vol 9 N° 9*, 828 – 837.
- Gupta, G., & Mishra, R. (2016). A SWOT analysis of reliability centered maintenance framework. *Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol 22 N°2*, 130-145; ISSN: 1355-2511.
- Hernández , R., & Mendoza , C. (2018). *Metodología de la investigación:Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hipni, A., Tian, G., & Rimawan, E. (2018). Implementation MTBF (Mean Time Between Failures) to Reduce Cost of Maintenance Painting Line & Product Defect at Sparepart Accessories Factory. *International Journal of Innovative Science and Research Technology Vol 3 N° 6* , 264-268.
- Lopez, L. (2018). “*Aplicación de la metodología RCM en colectores de polvo en una empresa cementera para mejorar su confiabilidad*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Plan de Desarrollo de los Servicios Logísticos de Transporte*. Lima, Peru:
https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/PMLP_MTC%20Versi%C3%B3n%20Final.pdf.
- Mishra, G. (2018). Identification of Critical Components Using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance. *Procedia CIRP Vol 69*, 905-908; <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.122>.
- Ñaupas, H., Valdivia , M., Palacios, J., & Romero, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Bogotá, Colombia : Ediciones de la U.
- O'Brien, B., Ijumba, N., & Saha, A. (2015). Transformer risk modelling by stochastic augmentation of reliability-centred maintenance. *Electric Power Systems Research Vol 119*, 471-477.
- Piason, D., Biscaro, A., Leao, F., & Sanches, J. (2016). A new approach for reliability-centered maintenance programs in electric power distribution systems based on a multiobjective genetic algorithm. *Electric Power Systems Research Vol 137*, 41-50;
<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.03.040>.

- Piechnicki, F., Loures, E., & Santos, E. (2017). A conceptual framework of knowledge conciliation to decision making support in RCM deployment . *Procedia Manufacturing Vol 11*, 1135-1144.
- Ramirez, M., & Yanac, Y. (2019). *Implementación del RCM para incrementar la productividad en una empresa convertidora de bolsas de papel, Lima, 2019*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Sana, M., Saleem, U., Farooq, M., Qamar, A., Mehmood, M., & Zafar, S. (2018). Identification of Failure Modes on Electrostatic Chuck through Reliability Centered Maintenance: A Case Study. *A. Physical and Computational Sciences Vol 55 N° 2*, 21-32;
<http://www.ppaspk.org/index.php/PPASA/article/view/5>.
- Silvestre, I., & Huamán , C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y redacción de la tesis universitaria*. Lima, Perú: San Marcos .
- Sinha, R., & Mukhopadhyay, A. (2015). Reliability centered maintenance of cone crusher: a case study. *International Journal of System Assurance Engineering and Management Vol 6 N°1; ISSN: 0975-6809*, 32–35;
<https://doi.org/10.1007/s13198-014-0240-7>.
- Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías-SUTRAN. (2018). *Actualización al Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares N° 025-2008-MTC*. Lima, Perú:
<http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2018/09/Reglamento-ITV-spij.pdf>.
- Tang, Y., Liu, Q., Jing, J., Yang, Y., & Zou, Z. (2017). A framework for identification of maintenance significant items in reliability centered maintenance. *Energy Vol 118 N°1*, 1295-1303;
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.011>.
- Tudon, A., Zuñiga, M., Lerma, M., & Méndez, L. (2019). Implementation of the RCM methodology in pleating machine. *Journal of Quantitative and Statistical Analysis Vol 6 N°8*, 13-16.
- Valderrama, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.

- Vishnu, C., & Regikumar, V. (2016). Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants:A Case Study. *Procedia Technology Vol 25*, 1080-1087.
- Yssaad , B., & Abene, A. (2015). Rational Reliability Centered Maintenance Optimization for power distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems Vol 73*, 350-360;
<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.05.015>.
- Zarcovich, P. (2005). *Metodología de investigación*. México: McGraw-Hill.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
General	General	General			
¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementa la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019?	Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.	La aplicación de la metodología RCM incrementará la disponibilidad de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.	Metodología RCM	Confiabilidad Humana	$CH = \frac{\text{Nº de fallas corregidas}}{\text{Total de fallas detectadas}}$
				Confiabilidad del proceso	$CP = \frac{\text{Nº de inspecciones realizadas}}{\text{Total de inspecciones planteadas}}$
				Confiabilidad de Equipos	$CE = \frac{\text{Nº de equipos operativos}}{\text{Total de equipos}}$
Específicos	Específicos	Específicos			
¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementa el tiempo entre fallas	Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementará el tiempo entre fallas de camiones	Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM incrementará el	Disponibilidad de camiones	Tiempo entre fallas	$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de operaciones}}{\text{Nº de averías}}$

de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019?	de la empresa Salcedo Motors 2019.	tiempo entre fallas de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.			
¿En qué medida la aplicación de la metodología RCM disminuye el tiempo entre reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019?	Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM disminuirá el tiempo entre reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.	Determinar en qué medida la aplicación de la metodología RCM disminuirá el tiempo entre reparaciones de camiones de la empresa Salcedo Motors 2019.		Tiempo entre reparaciones	$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de reparaciones}}{\text{N}^\circ \text{ de reparaciones}}$

Anexo 2 Matriz de Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Instrumento
Metodología RCM	La metodología RCM, denominada mantenimiento basado en la confiabilidad, busca mejorar el nivel de operaciones de un sistema productivo mediante la efectividad de las tareas de mantenimiento acorde a los riesgos detectados (Campos, Tolentino, Toledo, Tolentino, 2019, p.2)	Esta variable es analizada mediante sus tres dimensiones: confiabilidad humana, del proceso y de equipos, utilizando hojas de registro durante el periodo de estudio.	Confiabilidad Humana Confiabilidad del proceso Confiabilidad de Equipos	CH CP CE	$CH = \frac{\text{Nº de fallas corregidas}}{\text{Total de fallas detectadas}}$ $CP = \frac{\text{Nº de inspecciones realizadas}}{\text{Total de inspecciones planteadas}}$ $CE = \frac{\text{Nº de equipos operativos}}{\text{Total de equipos}}$	Hoja de registro Hoja de registro Hoja de registro
Disponibilidad de camiones	La disponibilidad es la medida de tiempo en la que una maquinaria o equipo efectúa sus operaciones, corresponde al funcionamiento normal de un equipo en el proceso operativo bajo condiciones	Esta variable es analizada mediante sus dos dimensiones: fiabilidad y	Fiabilidad Mantenibilidad	MTBF MTTR	$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de operaciones}}{\text{Nº de averías}}$ $MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de reparaciones}}{\text{Nº de reparaciones}}$	Hoja de registro Hoja de registro

controladas y normales mantenibilidad de
(Alavedra,Gastelu,Méndez,Minaya los camiones,
,2016,p.13) utilizando hojas
de registro
durante el
periodo de
estudio.

Anexo 3 Formato de cuestionario de causas del problema

Estimado Trabajador

Fecha

Agradeceré dar respuesta al siguiente cuestionario sobre los posibles factores o causas que originan el problema dado por la baja disponibilidad de camiones en la compañía. Por lo cual se solicita marcar del 1 al 10 (donde 1: es el valor más bajo y 10: el valor más alto), la importancia o influencia de la causa sobre el problema. Recuerda que puedes repetir las puntuaciones en cada causa en caso sea necesario. Responder con total sinceridad, esto nos ayudará a mejorar como empresa.

N°	Descripción de causa específica	Puntuación
1	Retrasos en la programación del mantenimiento	
2	Personal poco calificado	
3	Mínimo trabajo en equipo	
4	Maquinaria sin alternancia de trabajo	
5	Indicadores no definidos para seguimiento	
6	Falta de indicadores para la gestión del mantenimiento	
7	Equipos expuestos al medio ambiente	
8	Equipos e instrumentos antiguos	
9	Elementos mal ubicados	
10	Desorden en el área de trabajo	
11	Deficiente gestión para la medición	
12	Constante ingreso de nuevos trabajadores	
13	Carencia de instrumentos de medición	
14	Carencia de información histórica	
15	Ausencia de una metodología para el mantenimiento	
16	Ausencia de un diagrama de recorrido	
17	Ausencia de stock de piezas de repuesto	
18	Ausencia de fichas para el registro de fallas	

¡Muchas gracias por su apoyo!



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, AÑAZCO ESCOBAR DIXON GROKY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE CAMIONES EN LA EMPRESA SALCEDO MOTORS 2019", cuyo autor es LUNA CHANCASANAMPA JHONATAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 07 de Julio del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
AÑAZCO ESCOBAR DIXON GROKY DNI: 08124462 ORCID: 0000-0002-2729-1202	Firmado electrónicamente por: DGAESCOBAR el 27- 06-2023 16:11:35

Código documento Trilce: TRI - 0122430