



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“SISTEMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LA FLOTA VEHICULAR DE LA EMPRESA EQUIPMENTS
& SERVICES 3R CÍA. LTDA. CIUDAD FRANCISCO DE
ORELLANA, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA FIABILIDAD”**

Trabajo de integración curricular:

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

CRISTHIAN ENRIQUE CHANGUÁN GONZÁLEZ

DAVID PATRICIO CAISA PANDI

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“SISTEMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LA FLOTA VEHICULAR DE LA EMPRESA EQUIPMENTS
& SERVICES 3R CÍA. LTDA. CIUDAD FRANCISCO DE
ORELLANA, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA FIABILIDAD”**

Trabajo de integración curricular:

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: CRISTHIAN ENRIQUE CHANGUÁN GONZÁLEZ
DAVID PATRICIO CAISA PANDI

DIRECTOR: Ing. CÉSAR MARCELO GALLEGOS LONDOÑO

Riobamba – Ecuador

2021

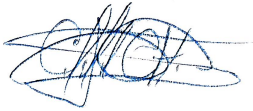
© 2021, **Cristhian Enrique Changuán González y David Patricio Caisa Pandi**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, CRISTHIAN ENRIQUE CHANGUÁN GONZÁLEZ Y DAVID PATRICIO CAISA PANDI, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 5 de Agosto del 2021



Cristhian Enrique Changuán González

C.C. 2200235162



David Patricio Caisa Pandi

C.C. 0605826882

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **SISTEMATIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA VEHICULAR DE LA EMPRESA EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. CIUDAD FRANCISCO DE ORELLANA, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA FIABILIDAD**, realizado por los señores: **CRISTHIAN ENRIQUE CHANGUÁN GONZÁLEZ** y **DAVID PATRICIO CAISA PANDI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. José Antonio Granizo PhD.
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

2021-8-05

Ing. César Marcelo Gallegos Londoño.
**DIRECTOR DE TRABAJO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

2021-8-05

Ing. Eduardo Segundo Hernández Dávila.
MIEMBRO DE TRIBUNAL

2021-8-05

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular se lo dedico a mi padre Eduardo Changuán y a mi madre Lilia González, pilares fundamentales de mi vida. Con su tenacidad y lucha han logrado que yo pueda conseguir este gran triunfo en mi vida. También dedico este trabajo a mis hermanos José Luis, Jonathan, Liliana y a mis amigos, quienes supieron apoyarme y motivarme para seguir adelante. A ellos dedico este trabajo, que, sin ellos, no hubiese podido ser.

Cristhian Enrique Changuán González

Quiero dedicar este trabajo de integración curricular a mis padres Manuel Caisa y María Tránsito Pandi porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos. A mis Hermanas Erika y Nelly, más que hermanas son mis verdaderas amigas. A mi mujer Jessica y a mi hija Allyson ya que el apoyo ha sido fundamental, han estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

David Patricio Caisa Pandi

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud, capacidad y fortaleza para llegar a mi objetivo que a pesar de tantos obstáculos que tuve en mi camino, que cuando creía que ya no podía seguir más siempre tuve esa fortaleza que no me permitió darme por vencido para poder llegar a mi meta.

Luego agradecer infinitamente a mis padres que siempre han sido mi apoyo, mi guía y por confiar en mi capacidad ya que hicieron todo lo posible para apoyarme económicamente y brindarme palabras de aliento, que cuando yo mismo dije ya no puedo más ellos estaban ahí para levantarme e impulsarme a que continúe.

Por último, agradecer a la Universidad, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO en especial a la escuela de Ingeniería de Mantenimiento Industrial, que desde que llegué siempre me sentí a gusto, que a través de sus docentes a más de compartir sus conocimientos nos enseñaba la manera de vivir.

Cristhian Enrique Changuán González

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser, gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de este trabajo de integración curricular, gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes mi hermosa familia.

David Patricio Caisa Pandi

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación y actualidad	3
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Gestión de mantenimiento.....	6
2.2 Evaluación de la gestión de mantenimiento	6
2.2.1 <i>Metodología para la evaluación de la gestión de mantenimiento</i>	7
2.2.1.1 <i>Pesos de criterios/subcriterios de mantenimiento</i>	7
2.2.1.2 <i>Instrumento de evaluación</i>	8
2.2.1.3 <i>Niveles de referencia</i>	9
2.2.1.4 <i>Umbral de desempeño</i>	9
2.3 Flota vehicular	10
2.4 Mantenimiento de flotas vehiculares	10
2.5 Activo físico	11
2.6 Inventario técnico de activos y niveles jerárquicos.....	11
2.7 Codificación de inventario técnico.....	12
2.8 Recopilación de información técnica	13
2.8.1 <i>Fichas técnicas</i>	13
2.9 Análisis de criticidad.....	13
2.9.1 <i>Criticidad Total por Riesgo (CTR)</i>	14
2.10 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM).....	16

2.10.1	<i>Breve introducción</i>	16
2.10.2	<i>Metodología del Mantenimiento centrado en la fiabilidad RCM</i>	16
2.10.2.1	<i>Funciones</i>	17
2.10.2.2	<i>Fallos funcionales</i>	18
2.10.2.3	<i>Modo de fallo</i>	18
2.10.2.4	<i>Efectos de fallo</i>	18
2.10.2.5	<i>Consecuencias del fallo</i>	19
2.10.2.6	<i>Tareas de mantenimiento</i>	20
2.10.3	<i>Diagrama y Hoja de Decisión</i>	21
2.10.4	<i>Frecuencia de mantenimiento</i>	23
2.10.4.1	<i>Formulación de modelo matemático</i>	23
2.10.5	<i>Factibilidad técnica de las tareas</i>	26
2.10.5.1	<i>Intervalo P-F</i>	26
2.10.5.2	<i>Patrones de fallo</i>	27
2.10.6	<i>Sostenibilidad tecnica de las tareas</i>	27
2.10.6.1	<i>Análisis de costos</i>	28
2.11	<i>Logística de Mantenimiento</i>	29
2.11.1	<i>Mano de obra</i>	29
2.11.2	<i>Repuestos y materiales</i>	30
2.11.3	<i>Herramientas /equipos</i>	30
2.11.4	<i>Manuales técnicos</i>	30
2.12	<i>Plan de Mantenimiento</i>	30
2.12.1	<i>Cronograma de mantenimiento</i>	31
2.13	<i>Documentos de mantenimiento</i>	32
2.13.1	<i>Orden de trabajo (OT)</i>	32
2.13.2	<i>Solicitud de trabajo</i>	32
2.13.3	<i>Requisición de materiales</i>	33
2.14	<i>Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador</i>	33
2.14.1	<i>GMAO y su alcance</i>	34
2.15	<i>Capacitación</i>	34
CAPÍTULO III		35
3.	SISTEMATIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN LA FIABILIDAD RCM	35
3.1	<i>Evaluación del estado actual de la gestión de mantenimiento</i>	36
3.1.1	<i>Descripción de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.</i>	36
3.1.1.1	<i>Misión</i>	36
3.1.1.2	<i>Visión</i>	37

3.1.1.3	<i>Valores institucionales</i>	37
3.1.2	<i>Realización de evaluación en EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.,</i>	38
3.1.2.1	<i>Definición de criterios y subcriterios</i>	38
3.1.2.2	<i>Preparación de instrumento de evaluación</i>	39
3.1.2.3	<i>Realización de evaluación</i>	39
3.1.2.4	<i>Procesamiento de información</i>	39
3.2	<i>Inventario técnico para mantenimiento</i>	43
3.2.1	<i>Breve descripción de flota vehicular</i>	43
3.2.1	<i>Inventario jerárquico</i>	46
3.2.2	<i>Codificación</i>	47
3.2.3	<i>Fichas técnicas</i>	49
3.3	<i>Análisis de criticidad de la flota vehicular</i>	51
3.4	<i>Aplicación de la metodología del RCM.</i>	54
3.4.1	<i>Contexto operacional y Hoja de Información del RCM</i>	54
3.4.2	<i>Hoja de información del RCM</i>	57
3.4.3	<i>Diagrama y hoja de decisión</i>	80
3.4.4	<i>Factibilidad y sostenibilidad técnica</i>	92
3.4.5	<i>Plan de Mantenimiento</i>	95
3.5	<i>Sistematización del plan de mantenimiento</i>	102
3.5.1	<i>Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora (SisMAC)</i>	102
3.5.1.1	<i>Ingreso al software SisMAC</i>	102
3.5.1.2	<i>Ingreso de datos</i>	104
3.5.1.3	<i>Inventario técnico</i>	104
3.5.1.4	<i>Fichas técnicas</i>	105
3.5.1.5	<i>Asignación de tareas de mantenimiento</i>	105
3.5.1.6	<i>Asignación de parámetros (tareas de mantenimiento)</i>	106
3.5.1.7	<i>Programación del mantenimiento</i>	106
3.5.1.8	<i>Documentos de mantenimiento</i>	107
3.5.2	<i>Capacitación al personal técnico</i>	108
3.5.2.1	<i>Cronograma de capacitación</i>	108
3.5.2.2	<i>Personal capacitado</i>	109
CAPÍTULO IV	110
4.	<i>ANÁLISIS Y RESULTADOS</i>	110
4.1.1	<i>Evaluación de gestión de mantenimiento</i>	110
4.1.2	<i>Análisis de criticidad</i>	110
4.2	<i>Plan de mantenimiento preventivo</i>	111
CONCLUSIONES	114

RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS.....	119
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Pesos de criterios y subcriterios	8
Tabla 2-2: Aspectos de un instrumento de evaluación	9
Tabla 3-2: Valores de los niveles de referencia.....	9
Tabla 4-2: Niveles jerárquicos según la norma ISO 14224	12
Tabla 5-2: Codificación recomendada para inventario técnico.....	12
Tabla 6-2: Factores y cuantificaciones del método CTR.....	15
Tabla 7-2: Aspectos clave y consideraciones para definir funciones de un activo físico.....	17
Tabla 8-2: Aspectos y consideraciones para definir modos de fallo.....	18
Tabla 9-2: Categorización de las consecuencias de los modos de fallo.....	19
Tabla 10-2: Hoja de información del RCM.....	20
Tabla 11-2: Tareas de mantenimiento para manejo de fallos	20
Tabla 12-2: Hoja de Decisión RCM.....	23
Tabla 13-2: Factibilidad técnica de tareas de mantenimiento	26
Tabla 14-2: Patrones de fallo	27
Tabla 15-2: Costo de mano de obra.....	30
Tabla 16-2: Costo de materiales y repuestos	30
Tabla 17-2: Métodos para elaborar de un plan de mantenimiento	31
Tabla 18-2: Formato de plan de mantenimiento.....	31
Tabla 19-2: Formato de cronograma de mantenimiento	31
Tabla 20-2: Elementos de información de una OT.....	32
Tabla 21-2: Solicitud de trabajo	32
Tabla 1-3: Datos informativos EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.	37
Tabla 2-3: Umbral de desempeño de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.....	40
Tabla 3-3: Desempeño obtenido por EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA	41
Tabla 4-3: Valores por criterio de evaluación	42
Tabla 5-3: Contabilización de clase de vehículos de estudio.....	43
Tabla 6-3: Listado de vehículos livianos y pesados	44
Tabla 7-3: Listado de maquinaria pesada	45
Tabla 8-3: Estructura jerárquica para inventario	47
Tabla 9-3: Codificación del nivel 1,2 y3	48
Tabla 10-3: Códigos de familia y tipos de equipos	48
Tabla 11-3: Codificación del nivel 1, 2, 3 y 4	49
Tabla 12-3: Ficha técnica de camión Chevrolet NLR E55 03	50
Tabla 13-3: Ficha técnica de excavadora hidráulica 320D 01	50

Tabla 14-3: Criterios para determinar la criticidad de los sistemas de la flota vehicular	51
Tabla 15-3: Frecuencia de fallos	52
Tabla 16-3: Cálculo de criticidad de camión Chevrolet NLR E55 03	53
Tabla 17-3: Resultados del análisis de criticidad de la flota vehicular	54
Tabla 18-3: Contexto operacional del camión Chevrolet NLR E55	55
Tabla 19-3: Contexto operacional de excavadora hidráulica 320D 01	566
Tabla 20-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 03 (motor de combustión interna)	58
Tabla 21-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 03 (transmisión de potencia) ...	61
Tabla 22-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 (chasis y carrocería)	62
Tabla 23-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 (sistema de frenos)	63
Tabla 24-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 (sistema eléctrico)	64
Tabla 25-3: Hoja de información del RCM: camión (sistema de dirección)	65
Tabla 26-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 (sistema de suspensión).....	66
Tabla 27-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (motor de combustión interna).....	67
Tabla 28-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema hidráulico)	71
Tabla 29-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (tren de rodaje) .	73
Tabla 30-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema eléctrico)	74
Tabla 31-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (cabina y herramientas).....	75
Tabla 32-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (cabina y herramientas).....	76
Tabla 33-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de frenos)	77
Tabla 34-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de dirección)	77
Tabla 35-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (habitáculo y bastidor)	78
Tabla 36-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (swing).....	79
Tabla 37-3: Modos y patrones de fallo.....	82
Tabla 38-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (motor de combustión interna)	83
Tabla 39-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (transmisión de potencia)	84
Tabla 40-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (chasis y carrocería)	84
Tabla 41-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (sistema de freno).....	85

Tabla 42-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (sistema eléctrico)	85
Tabla 43-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (sistema de dirección)	86
Tabla 44-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (sistema de suspensión).....	86
Tabla 45-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (motor de combustión interna).....	87
Tabla 46-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema hidráulico)	88
Tabla 47-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (tren de rodaje)	88
Tabla 48-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema eléctrico).....	89
Tabla 49-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (cabina y herramientas) .	89
Tabla 50-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de frenos).....	90
Tabla 51-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de dirección)....	90
Tabla 52-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (swing)	91
Tabla 53-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (habitáculo y bastidor) ...	91
Tabla 54-3: Tareas de mantenimiento para el camión NLR E55.....	92
Tabla 55-3: Plan de mantenimiento preventivo de camión Chevrolet NLR E55 03	95
Tabla 56-3: Plan de mantenimiento preventivo de excavadora hidráulica 320D 01	98
Tabla 57-3: Cronograma de capacitación	108
Tabla 58-3: Nómina de personal capacitado	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Niveles jerárquicos recomendados para inventario técnico	11
Figura 2-2: Metodologías para análisis de criticidad.....	14
Figura 3-2: Matriz de criticidad propuesta por el método CTR.....	15
Figura 4-2: RCM: Las siete preguntas básicas	17
Figura 5-2: Características para describir efectos de fallo.....	19
Figura 6-2: Diagrama de Decisión del RCM.....	22
Figura 7-2: Intervalo P-F	26
Figura 1-3: Niveles de desempeño	41
Figura 2-3: Estructura jerárquica aplicada para inventario.....	46
Figura 3-3: Interrogantes: análisis de consecuencias de fallo.....	81
Figura 4-3: Interrogantes: análisis de modo de fallo	81
Figura 5-3: Pantalla de ingreso a SisMAC	103
Figura 6-3: Ingreso al usuario personal.....	103
Figura 7-3: Vista Global de SisMAC	104
Figura 8-3: Inventario técnico ingresado.....	104
Figura 9-3: Ficha técnica elaborada	105
Figura 10-3: Tareas asignadas.....	106
Figura 11-3: Configuración de tareas de mantenimiento.....	106
Figura 12-3: Configuración de MOp.1/Punto de ingreso MOp.....	107
Figura 13-3: Orden de trabajo de SisMAC	107
Figura 14-3: Orden de trabajo correctiva	108
Figura 1-4: Cronograma de mantenimiento	112
Figura 2-4: Cronograma de Mantenimiento en SisMAC	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Diagrama de flujo para aplicación de RCM	35
Gráfico 2-3: Flujograma de trabajo para evaluación de gestión de mantenimiento	38
Gráfico 3-3: Desempeño obtenido en la empresa evaluada	41
Gráfico 4-3: Desempeño de los criterios de mantenimiento	42
Gráfico 1-4: Nivel de cumplimiento.....	110
Gráfico 2-4: Activos físicos de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA	111
Gráfico 3-4: Resultados del análisis de criticidad	111
Gráfico 4-4: Distribución de carga laboral	113

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Instrumento de evaluación de la gestión de mantenimiento.

ANEXO B: Inventario técnico para mantenimiento.

ANEXO C: Fichas técnicas

ANEXO D: Análisis de criticidad

ANEXO E: Contextos operacionales

ANEXO F: Hojas de información del RCM

ANEXO G: Hojas de decisión del RCM

ANEXO H: Plan de mantenimiento preventivo

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de integración curricular consistió en la sistematización del mantenimiento preventivo de la flota vehicular de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. de la ciudad Francisco de Orellana, utilizando la metodología de mantenimiento centrado en la fiabilidad. Se inició evaluando la gestión de mantenimiento mediante la aplicación de un instrumento extraído del trabajo de titulación “Elaboración de un modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos en base a normativa internacional aplicado al caso de estudio: Unión Cementera Nacional (UCEM) Planta Chimborazo”; lo que permitió conocer el nivel de gestión de la empresa, en este análisis se constató una evaluación poco satisfactoria en el ítem de planificación del mantenimiento lo que justifica este proyecto. Se elaboró el inventario técnico de activos que se codificó mediante los criterios de la norma ISO 14224, lo que sirvió para organizar el levantamiento de información mediante fichas técnicas, se analizó la criticidad de los activos con el método CTR (Criticidad Total por Riesgo). Posteriormente se aplicó la metodología del RCM para determinar las actividades óptimas de mantenimiento en su contexto operacional actual y su justificación técnica y económica, se determinaron las frecuencias de las tareas mediante varios métodos, a través de la aplicación de la distribución de Weibull, la experiencia del personal de mantenimiento de la flota e incluso manuales de mantenimiento. Del desarrollo de esta metodología se determinaron 1680 tareas de mantenimiento con sus respectivas frecuencias, luego se estructuró la matriz de mantenimiento preventivo de la flota, se asignaron los recursos necesarios para cada tarea, materiales, repuestos, herramientas y mano de obra para los 43 activos de la flota vehicular. El plan de mantenimiento preventivo y la información obtenida se ingresó y configuró en el sistema de mantenimiento, finalmente se capacitó a tres técnicos del área de mantenimiento y a un técnico del área administrativa sobre la sistematización efectuada.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <GESTIÓN DE MANTENIMIENTO> <PLAN DE MANTENIMIENTO> <FLOTA VEHICULAR> <METODOLOGÍA DEL RCM> <ANÁLISIS DE CRITICIDAD >.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1637-DBRA-UPT-2021

2021-08-25

SUMMARY

The objective of this curricular integration work consists in the preventive maintenance systematization of the vehicle fleet that belongs to EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA. LTDA. Company from Francisco de Orellana city, using the Maintenance focused on Reliability methodology. It began by evaluating maintenance management through the application of an instrument extracted from the degree work named "Development of an audit model for evaluating the maintenance management of physical assets based on international regulations applied to the study case: Unión Cementera Nacional (UCEM) Planta Chimborazo"; which allowed to know the company management level. In this analysis the maintenance planning item evaluation was found unsatisfactory, this issue justifies this project. A technical assets inventory was elaborated and then codified using the criteria of ISO 14224 standard, which helped to organize the information through technical sheets. Therefore, the assets criticality was analyzed with the CTR (Total Criticality by Risk) method. Subsequently, the RCM methodology was applied to determine the optimal maintenance activities in its current operational context and its technical and economic justification. The tasks frequencies were determined by several methods: the Weibull distribution application, the fleet maintenance personnel work experience and even maintenance manuals. From the development of this methodology, 1680 maintenance tasks with their respective frequencies were determined. Then, the matrix of the fleet preventive maintenance was structured, the necessary resources were assigned for each task: materials, spare parts, tools and labor for the 43 assets of the vehicle fleet. The preventive maintenance plan and the obtained information were registered and configured in the System maintenance. Finally, three maintenance technicians and one administrative technician were trained about systematization that was carried out.

Key words: <ENGINEERING TECHNOLOGIES AND SCIENCES > <MAINTENANCE MANAGEMENT> <MAINTENANCE PLAN> <VEHICLE FLEET> <RCM METHODOLOGY > < CRITICITY ANALYSIS >.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento se encarga de asegurar la disponibilidad de los activos físicos, por lo tanto, es un pilar fundamental dentro de cualquier empresa. Actualmente la industria busca la mejora continua de su gestión de mantenimiento, con este fin se han desarrollado diversas técnicas y herramientas como el RCM, puesto que a nivel mundial el papel que ha venido desempeñando esta metodología para la conservación óptima de activos físicos, ha ganado gran reconocimiento (Moubray, 2004).

El mantenimiento centrado en la fiabilidad permite determinar acciones de mantenimiento más costo-efectivas que se ajusten a patrones de fallo de equipos, mediante el análisis del estado real de los mismos (Allauca & Pilco, 2018). El desarrollo de metodologías sistemáticas como lo es el RCM, ha permitido cambios importantes en el área de la Ingeniería de Mantenimiento.

Por lo tanto, el mantenimiento juega un rol importante dentro de todo tipo de empresa, entre estas las que se dedican a la prestación de servicios como lo es EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. que tiene a su disposición una gran flota vehicular para el cumplimiento de sus servicios y garantizar la satisfacción de sus clientes. De allí surge la necesidad de mantener la disponibilidad de estos automotores en el momento oportuno, para lograr esto se seleccionan estrategias de mantenimiento de acuerdo con la criticidad de cada activo.

Uno de los resultados del desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, es la disminución de trabajos correctivos a través de actividades preventivas a intervalos de tiempos predeterminados; por ello la determinación de tareas óptimas de mantenimiento se logra mediante la aplicación de metodologías pertinentes, asegurando de este modo la vida útil de los activos físicos que tengan a disposición empresas de servicios, manufactureras etc.

Otro aspecto de relevancia es disponer de una herramienta que sirva de soporte para la adecuada planificación y programación del mantenimiento, debido a la cantidad de información que se genera en los departamentos que ejecutan el mantenimiento, de ahí la importancia de almacenarla y registrarla adecuadamente para su acceso y análisis en cualquier instante del tiempo. Por lo mencionado, actualmente se han desarrollado software que ayudan a la planificación y control del mantenimiento.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Con el paso del tiempo se ha visto un aumento en número y variedad de activos físicos dentro de organizaciones e industrias; desarrollo de métodos para evaluar el impacto de los fallos de un equipo en la producción, seguridad y ambiente; ópticas cambiantes en la organización y responsabilidades del mantenimiento etc.,. (Moubray, 2004, p. 1).El mantenimiento ha experimentado importantes cambios, de manera que en empresas de producción o servicios se logre la disponibilidad de sus equipos a un costo competitivo.

EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. es una empresa pionera con más de 30 años de experiencia en el mercado de la construcción, alquiler de equipos y servicios para la industria petrolera. Esta se encuentra ubicada en el km 12 vía Coca-Lago Agrio, perteneciente a la ciudad de Francisco de Orellana, desde sus inicios ha tenido como prioridad la seguridad y salud de sus trabajadores, la protección del medio ambiente y sobre todo la satisfacción absoluta de los clientes que adquieren los servicios de la compañía.

Para la prestación de servicios la empresa cuenta con una flota de vehículos livianos y pesados compuesta por camionetas y camiones, estos son utilizados para el transporte de personal, equipos, herramientas etc., necesarios para la ejecución del mantenimiento de la maquinaria que la empresa tiene en alquiler; y para la realización de compra de repuestos.

Las actividades de mantenimiento que se llevan a cabo en la flota de vehículos por parte del área de mecánica son netamente correctivas, pues al no contar con un plan de mantenimiento preventivo afecta considerablemente a la empresa, ocasionando desgaste progresivo de la maquinaria, elevados costos de reparación y tiempos improductivos de los vehículos.

Ante problemas de indisponibilidad, costos elevados de reparación etc., el mantenimiento ha respondido mediante el desarrollo de nuevas técnicas de mantenimiento enfocadas a mejorar el rendimiento de los activos a mantener y la reducción de costos, por ello el desafío del personal de mantenimiento es aprender sobre estas técnicas y decidir cuál aplicar (Moubray, 2004, p. 5).El personal de mantenimiento debe adoptar formas nuevas de pensar conforme a las expectativas cambiantes del mantenimiento.

A manera de referencia en el trabajo de maestría titulado “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL VEHÍCULO HIDROCLEANER VACTOR M654 DE LA EMPRESA ETAPA EP”; el autor Sergio Villacrés elaboró un plan de mantenimiento preventivo a raíz del análisis de 26 modos de fallo mediante la aplicación del RCM en el camión hidrocleaner. Posteriormente la empresa ETAPA EP implementó el plan de mantenimiento desarrollado, obteniéndose como resultado la reducción de tasa de fallos por año en el hidrocleaner a partir del año 2015 (Villacrés, 2017, p. 72). Ante lo mencionado se pretende elaborar un plan de mantenimiento preventivo para toda la flota vehicular de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA., aplicando la metodología de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM), y posteriormente sistematizarlo mediante un GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador).

1.2 Justificación y actualidad

A nivel mundial el papel que ha venido desempeñando el RCM para la conservación óptima de activos físicos, ha ganado gran reconocimiento (Moubray, 2004). Organizaciones dedicadas a la producción o prestación de servicios requieren que sus activos físicos trabajen de manera eficiente de ahí la necesidad de aplicar técnicas de mantenimiento reconocidas y validadas, como lo es el mantenimiento centrado en la fiabilidad.

EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. inició sus actividades el seis de mayo de 1985 en la ciudad de Francisco de Orellana, El Coca, prestando servicios a las empresas del sector petrolero que desarrollan sus actividades en la zona nororiental del país. (Quintanilla, 2019, p. 51). En la actualidad gracias al tiempo transcurrido y a la experiencia adquirida, esta ha logrado situarse como una empresa que brinda a sus clientes los servicios de: transporte, suelda, renta de campamentos, renta de generadores, renta de plantas procesadores de agua, renta de campers y renta de tanques.

Para los servicios mencionados, EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA LTDA. dispone de vehículos livianos, pesados y maquinaria, estos deben estar en óptimas condiciones de funcionamiento, por lo que es de vital importancia asegurar su disponibilidad, pues al fallar los activos físicos no solo se refleja en la capacidad de generar ingresos o asegurar la prestación servicios, sino que afecta otras operaciones o procesos adyacentes.

Hoy en día resulta imprescindible la formulación de estrategias óptimas de mantenimiento a través de técnicas pertinentes que compendien los nuevos desarrollos e investigaciones en modelos coherentes, como lo es el RCM que ha sido señalado como responsable de asegurar que los activos físicos realicen lo que sus usuarios deseen que haga (Moubray, 2004, p. 2).

Un activo físico adecuadamente mantenido tendrá la capacidad de cumplir su o sus funciones específicas justificando su adquisición. Añadiendo a lo mencionado es indiscutible disponer de una herramienta que sirva de soporte para la planificación y programación del mantenimiento, debido a la cantidad de información que se genera en los departamentos de mantenimiento; de ahí la importancia de almacenarla y registrarla adecuadamente para su acceso y análisis en cualquier instante del tiempo.

Como estudiantes de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento se propone elaborar el plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA.LTDA aplicando la metodología del RCM, y luego sistematizarlo en un software asistido por computadora de modo que se garantice la disponibilidad y confiabilidad de sus activos físicos a través de la adecuada planificación, programación y control del mantenimiento y de sus operaciones.

1.3 Planteamiento del problema

La planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento preventivo son pilares fundamentales para asegurar la fiabilidad de los automotores de la flota vehicular de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Una vez indagado a los responsables del mantenimiento de la flota vehicular del área de mecánica y luego de un análisis, se identifica que las tareas de mantenimiento preventivo no satisfacen las necesidades del mantenimiento y conservación de la flota, puesto que son limitadas y básicas, demostrándose que es imprescindible la formulación de tareas óptimas de mantenimiento.

La planificación gira entorno a realizar un buen trabajo proporcionando todo lo necesario para su ejecución, ante esto se detectó que existe deficiencias en la organización y planificación de las actividades de mantenimiento como: procedimientos de trabajo incorrectos; bodega no cuenta con una logística adecuada para la gestión de repuestos; la información de mantenimiento y de sus operaciones no se hallan debidamente registrados en formatos adecuados.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Sistematizar el mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. Ciudad Francisco de Orellana, utilizando la metodología de mantenimiento centrado en la fiabilidad.

1.4.2 Objetivos específicos

Evaluar el estado actual de la gestión del mantenimiento

Realizar el inventario jerárquico de la flota de vehículos y su respectiva codificación.

Analizar la criticidad de la flota vehicular

Diseñar el plan de mantenimiento preventivo aplicando la metodología del RCM.

Sistematizar el plan de mantenimiento

Capacitar al personal técnico para el correcto manejo del GMAO.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Gestión de mantenimiento

La Norma Europea EN 13306, es un documento normativo y estandarizado que presenta términos y definiciones empleadas en mantenimiento, por ello define a la gestión de mantenimiento como:

Todas las actividades de la gestión que determinan los requisitos, los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades por medios tales como la planificación del mantenimiento, el control de este y la mejora de las actividades de mantenimiento y las cuestiones económicas (UNE- EN 13306, 2018, p. 1).

Los objetivos de mantenimiento son las metas establecidas y aprobadas por su dirección, destacando que estos deben estar alineados al cumplimiento de los objetivos de la organización, su alcance debe lograrse a través de métodos de gestión y responsables pertinentes; lo que facilitará la planificación, programación y control de la ejecución de las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta los costos que conlleva.

La integración de todos los componentes de una organización resulta crucial para la mejora continua pues “la gestión de mantenimiento no es un proceso aislado “ (Viveros, et al., 2012, p. 126). Para llegar a un sistema global de mantenimiento es necesario el compromiso y la participación de todos los niveles de la organización.

2.2 Evaluación de la gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento se transforma en un poderoso factor de competitividad cuya importancia en el ámbito empresarial o industrial está en crecimiento (Viveros, et al., 2012, p. 126) La mejora continua de un proceso de gestión de mantenimiento se halla relacionada a su adecuada evaluación, pues ésta permite identificar aspectos claves de mejora y así determinar las acciones necesarias para el desempeño óptimo de la organización.

De acuerdo con Parra y Crespo la evaluación de la gestión de mantenimiento es “una revisión sistemática de una actividad o situación para evaluar el cumplimiento de las reglas o criterios, objetivos a que ellas deben someterse” (Parra & Crespo, 2012, p. 1). Por medio de la evaluación de la

gestión de mantenimiento se analizan los objetivos definidos y alcanzados por una organización, lo que permitirá examinar su efectividad.

Ante lo mencionado “existe múltiples metodologías de evaluación de la gestión de mantenimiento, la elección de cual utilizar va a estar ligado a la información existente en la organización a evaluar” (Samaniego, 2019, p. 6). Las formas o métodos de evaluación serán diferentes de una organización a otra, su aplicación debe reflejar la situación real de la empresa.

2.2.1 Metodología para la evaluación de la gestión de mantenimiento

La aplicación de una evaluación sistemática conduce a valorar el comportamiento del desempeño de una organización, lo que conlleva un proceso multidisciplinario (Viscaíno, et al., 2019, p. 61). La selección de criterios/subcriterios de evaluación y su ponderación; el desarrollo de un instrumento de evaluación; la validación del método, todo en conjunto constituye una metodología sistemática para alcanzar los objetivos de una evaluación.

Mediante investigación y análisis del contenido de normas referentes al mantenimiento Chang Mariela (2019, p. 88) determinó siete criterios pertinentes cada uno con un porcentaje de calificación, obtenidos mediante la metodología PAJ (Proceso Analítico Jerárquico), lo que permitió a la autora elaborar un modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos de la Unión Cementera Nacional (UCEM) Planta Chimborazo (Chang, 2019, p. 88).

El proceso Analítico Jerárquico, es un método multicriterio que se adapta a todos los ámbitos donde se requiera tomar una decisión que implique complejidad, de ahí su versatilidad para aplicarlo en situaciones del campo de la Ingeniería.

En el objetivo de realizar el modelo de auditoría Chang Mariela (2019, pp. 70-83) presentó información que será empleada para la evaluación de la gestión de mantenimiento del presente trabajo; lo que se detallará a continuación.

2.2.1.1 Pesos de criterios/subcriterios de mantenimiento

Los pesos son aquellos que permiten ordenar alternativas de mayor a menor interés y además cuantifica cuál es el valor de cada alternativa con respecto a otras, dependiendo de todos los criterios y de su importancia, estos serán utilizados en un proceso de decisión (Aznar & Guijarro, 2012, p. 128). Al ser los pesos valores cuantitativos deben ser correctamente definidos, para lo cual existen distintos métodos.

En la Tabla 1-2 se presenta todos los pesos de criterios y subcriterios, que fueron calculados mediante la aplicación de la metodología JAP (Chang, 2019, p. 40). Los valores mencionados fueron obtenidos en base a consulta a diversos expertos del tema, cuyas contestaciones sirvieron para la aplicación de la metodología mencionada.

Tabla 1-2: Pesos de criterios y subcriterios

CRITERIOS		PESO	SUBCRITERIOS DE EVALUACION		PESO
OM	Organización del mantenimiento	21%	OM1	Políticas de mantenimiento	0,72
			OM2	Organigrama	0,28
RH	Recursos humanos de mantenimiento	17%	RH1	Proceso de selección de personal	0,23
			RH2	Formación profesional	0,32
			RH3	Capacitación y entrenamiento	0,45
CG	Control de la gestión	20%	CG1	Presupuesto de mantenimiento	0,23
			CG2	Costos de mantenimiento	0,18
			CG3	Indicadores de mantenimiento	0,30
			CG4	Documentación técnica	0,29
PC	Planificación y programación	18%	PP1	Inventario de bienes a mantener.	0,13
			PP2	Plan implementado de mantenimiento preventivo	0,31
			PP3	Programación de actividades de mantenimiento	0,22
			PP4	Documentos de mantenimiento	0,10
			PP5	Análisis de criticidad basado en el riesgo	0,12
			PP6	Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	0,12
MC	Mantenimiento correctivo	10%	MC1	Documentación y análisis de fallas efectos y consecuencias	0,67
			MC2	Priorización de atención de fallas	0,33
CE	Contratación externa del mantenimiento	6%	CE1	Elaboración de contrato de servicios externos	0,52
			CE2	Selección de contratistas	0,48
MI	Manejo de inventario para bodega de mantenimiento	8%	MI1	Inventario valorado y etiquetado de ítems	0,37
			MI2	Gestión de stocks	0,41
			MI3	Manejo de sub-bodegas	0,22

Fuente: (Chang, 2019)

Realizado por: (Chang Mariela , 2019)

2.2.1.2 Instrumento de evaluación

Un instrumento de evaluación adecuado constituye una herramienta de gran utilidad para las organizaciones que requieran evaluar su gestión de mantenimiento, por ello debe contener interrogantes para todas las áreas, evaluando así todos sus procesos; obteniendo la realidad de la organización (Chang, 2019, p. 16). Para que un instrumento de evaluación sea pertinente, debe ser estructurado acorde a la organización evaluada y a ciertos aspectos, como la disponibilidad de información.

Las características a tomar en cuenta al estructurar un instrumento de evaluación se detalla en la Tabla 2-2 (Viscaíno, et al., 2019, p. 66).

Tabla 2-2: Aspectos de un instrumento de evaluación

Aspectos de un instrumento de evaluación			
-Descripción del criterio	-Tipo de evaluación	-Exigencias del criterio	
-Objetivo de evaluación del criterio	-Niveles de referencia	-Puntuación y valoración	
-Método de evaluación			
Ejemplo:			
Criterio OM: Organización del mantenimiento			
Subcriterio de evaluación:	OMI: Políticas de mantenimiento		
Objetivo:	Establecer un compromiso por parte de todos los involucrados con la gestión de mantenimiento de activos físicos de la organización.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se dispone de un documento con las políticas.	0	
Poco Satisfactorio	Documento con la política de mantenimiento.	0,35	
Cuasi Satisfactorio	Documento actualizado en los últimos 5 años.	0,7	
Satisfactorio	Actas de reuniones para promulgar la política de mantenimiento dentro de la organización.	1	

Fuente: (Viscaíno, et al., 2019)

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D 2021

2.2.1.3 Niveles de referencia.

Consisten en la valoración cualitativa para obtener la calificación de la gestión de mantenimiento en una organización (Chang, 2019, p. 25). Los niveles de referencia al ser cualitativos permiten interpretar de mejor manera los resultados.

Dependiendo del instrumento de evaluación se determinan los niveles de referencia, y su respectiva valoración cuantitativa, que servirá para definir el umbral de desempeño al cual está vinculada la valoración cualitativa (Viscaíno, et al., 2019, p. 66). La vinculación mencionada se presenta en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Valores de los niveles de referencia

Nivel de referencia	Puntuación	Descripción
Deficiente	0	Incumplimiento en lo absoluto de lo solicitado. En este nivel no existen los elementos necesarios en la organización para administrar el mantenimiento de activos.
Poco satisfactorio	0,35	Existe evidencia que certifique el cumplimiento de cierta parte del subcriterio evaluado. Indica una incipiente gestión del mantenimiento sin involucrar seguimiento a las actividades de mantenimiento.
Cuasi satisfactorio	0,7	Existe evidencia que certifique el cumplimiento en gran parte del subcriterio evaluado. Representa un modelo que toma en cuenta todos los enfoques del mantenimiento, pero no los aplica.
Satisfactorio	1	Existe evidencia que certifique el total cumplimiento del subcriterio evaluado. Corresponde la más alta calificación a alcanzar; indica que la gestión incluye acciones proactivas y mejora continua de la calidad del servicio de mantenimiento.

Fuente: (Viscaíno, et al., 2019)

Realizado por: (Chang Mariela, 2019)

2.2.1.4 Umbral de desempeño

El umbral de desempeño permite conocer el nivel de referencia en que se ubica una organización evaluada, mediante los resultados de un instrumento de evaluación (Chang, 2019, p. 51).

Esto permitirá visualizar de mejor manera las valoraciones dadas en el cuestionario de evaluación. Mediante la aplicación del instrumento de evaluación en su caso de estudio Chang Mariela (2019, p. 51), tabuló los valores obtenidos en un umbral de desempeño, que le permitió conocer el nivel de la gestión de mantenimiento auditada.

2.3 Flota vehicular

Flota vehicular es el conjunto de unidades móviles destinadas a realizar funciones específicas de acuerdo con el tipo de transporte y necesidades que se quiera lograr con éstas; a este conjunto pertenecen los vehículos livianos, pesados, maquinaria, motocicletas.

Las empresas que están relacionadas con flotas automotrices tienen su tipificación dependiendo a su proceso productivo (Padilla , 2012, p. 11). Lo primordial de una flota de vehículos es su utilización, de ahí la creación de empresas de transporte, otras destinadas para obras públicas o privadas o para actividades agrícolas etc., ya sean para brindar servicios dentro o fuera de la empresa.

2.4 Mantenimiento de flotas vehiculares

Un sistema de mantenimiento completo y bien organizado es esencial para operar una flota de vehículos en forma segura, confiable y eficiente de modo que se garantice la operatividad y el estado de conservación de los equipos (Martinez, 2019, p. 47). Es así que el mantenimiento cumple un papel indispensable dentro de empresas dedicadas a generar bienes o servicios; en este caso contar con una flota vehicular mantenida adecuadamente determinará el buen funcionamiento de la empresa.

Ante lo mencionado el mantenimiento debe ser definido cuidadosamente, es por ello que la norma UNE-EN 13306, lo define como la “combinación de todas las acciones técnicas administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida” (UNE- EN 13306, 2018). Mientras que Garcia (2010, p. 1) lo conceptualiza como “el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.

La función concreta del mantenimiento es conservar y/o sostener la funcionalidad de equipos e instalaciones de modo que cumplan la función requerida.

2.5 Activo físico

Las empresas u organizaciones de servicios o de procesos adquieren máquinas, equipos etc., para llevar a cabo sus actividades económicas y por ende generar ingresos.

La norma UNE-EN 16646, define a activo físico como un “bien que tiene valor potencial o actual para una organización” (UNE-EN 16646, 2014). De ahí la importancia del mantenimiento para que los activos físicos conserven su valor y funcionalidad, desempeñándose de acuerdo con los niveles de exigencia de sus usuarios o propietarios.

2.6 Inventario técnico de activos y niveles jerárquicos

El primer aspecto por considerar para una adecuada planificación, programación y control del mantenimiento es disponer de un listado descriptivo y jerarquizado de los activos físicos a mantener. Por tal motivo la norma ISO 14224, enfatiza que la taxonomía “es la clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, subdivisión de equipos etc.,)” (ISO 14224, 2006). Los criterios que presenta esta norma son aplicables en cualquier tipo de industria o empresa, de ahí su amplia aplicación en el campo de la ingeniería.

La norma ISO 14224 presenta nueve niveles jerárquicos, donde los tres primeros representan características del nivel cuatro (localización); de este se inicia el levantamiento de datos para el desarrollo del inventario técnico para mantenimiento.

En la Tabla 4-2 se detalla los nueve niveles jerárquicos de la norma ISO 14224, y en la Figura 1-2 se muestran los recomendados para el inventario técnico para mantenimiento.

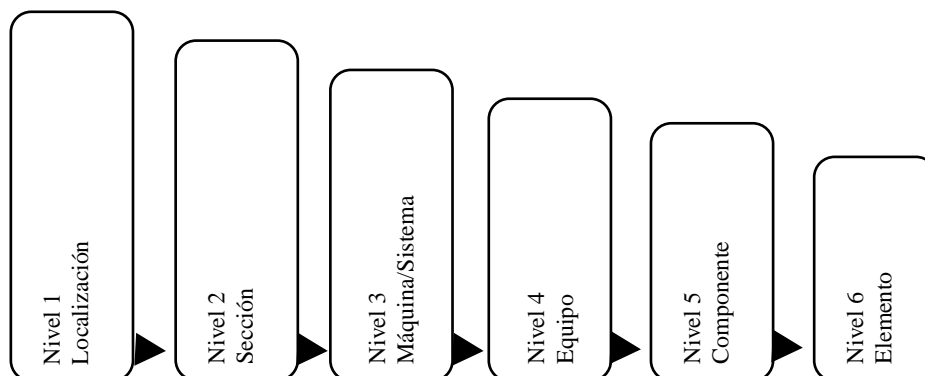


Figura 1-2: Niveles jerárquicos recomendados para inventario técnico

Fuente: (ISO 14224, 2006)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

Tabla 4-2: Niveles jerárquicos según la norma ISO 14224

Categoría principal	Nivel taxonómico	Jerarquía taxonómica	Pirámide taxonómica
Datos de uso/ ubicación	Nivel 1	Industria	
	Nivel 2	Categoría de negocio	
	Nivel 3	Categoría de instalación	
	Nivel 4	Categoría de planta/Unidad	
	Nivel 5	Sección/sistema	
Subdivisión de equipos	Nivel 6	Unidad/ Clase de equipo	
	Nivel 7	Sub-unidad	
	Nivel 8	Componente/Ítem Mantenible	
	Nivel 9	Pieza o elemento	

Fuente: (ISO 14224, 2006)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.7 Codificación de inventario técnico

Con un inventario correctamente codificado se podrá visualizar de mejor manera la relación que se crea entre cada nivel del listado de activos a mantener, por lo que es importante asignar un código único a cada uno de los ítems del inventario.

Un sistema de codificación adecuado de activos físicos facilitará su localización, así como también su referencia en órdenes de trabajo, desarrollo de registros históricos de falla, control de costes etc., (García, 2010, p. 13). Por ello la estructura de un código para mantenimiento debe ser corto y entendible, cuidando de no incluir características técnicas.

En la Tabla 5-2 se muestra la forma de codificación recomendada para un inventario técnico para mantenimiento.

Tabla 5-2: Codificación recomendada para inventario técnico

Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		
3R01		FV		VO01		A	MC	01
-Código de localización.		-Código de área/sección al que pertenece dentro de la localización.		-Código de máquina/sistema		-Código de equipo que incluya la familia y el tipo de equipo		
-Código alfanumérico		-Código alfabético		-Código alfanumérico		-Código alfanumérico		
3R	Nombre de localización	FV	Nombre de área o sección	VO	Nombre del sistema	A	Nombre de familia (automotor)	
01	Número correlativo			01	Número correlativo	MC	Tipo de equipo	
						01	Número correlativo	
Descripción de códigos								
EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.		Flota vehicular		Volqueta 01		Motor de combustión interna 01		

Fuente: (SISMAC, 2015)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.8 Recopilación de información técnica

Los activos físicos de un inventario técnico ocupan una posición diferente dentro de un proceso o servicio industrial, de ahí que sus características los distinguen del resto, así sean similares (García, 2010, p. 7). Cada activo físico posee información y datos técnicos que deben ser registrados y almacenados en documentos de fácil acceso y entendimiento, por ello se debe tomar en cuenta ciertos documentos como: manuales de operación, partes y mantenimiento; folletos; planos de instalaciones; datos de placa de equipos etc.

2.8.1 Fichas técnicas

Ficha técnica es un documento que sintetiza las características técnicas de un sistema, equipo, o ítem, por tanto, se debe elaborar modelos de fichas individuales.

De acuerdo con el activo a mantener, los campos de información de una ficha técnica variarán, pero generalmente debe incluir la siguiente información:

- Datos generales: código, marca, modelo, número de serie etc.
- Datos de operación: capacidad, velocidad, tipo de material etc.
- Datos técnicos: voltaje, corriente, potencia etc.
- Datos específicos: largo, ancho, peso, alto.
- Fotografía.

2.9 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad “es una metodología que permite definir la jerarquía o prioridades de un proceso, sistema, equipos, generando una estructura que facilita la toma de decisiones, direccionando los esfuerzos y recursos en áreas y eventos de mayor impacto en el negocio” (Viveros, et al., 2012, p. 130). Con la asignación adecuada de los recursos de mantenimiento hacia las áreas o equipos que más lo requieren se contribuye a la priorización de los mismos.

Una de las herramientas del sistema integrado de confiabilidad operacional y del RCM es el análisis de criticidad, esta marca un inicio de cambio en la planificación, programación y control del mantenimiento (Padura, et al., 2017, p. 225). Un análisis de criticidad permite definir el tipo de mantenimiento a aplicar, priorizar el trabajo de mantenimiento, tomar decisiones asertivas en la gestión de repuestos etc.

Existe múltiples metodologías para la determinación de la criticidad, según Parra y Crespo (2020, p. 2) estas basan sus resultados en la teoría de riesgo, concepto que combina dos factores: fiabilidad y severidad/consecuencia del fallo (Parra & Crespo, 2020, p. 2). En la Figura 2-2 se muestra la clasificación de algunas metodologías de análisis de criticidad.

CUALITATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Método del flujograma de análisis de criticidad • Método de Ciliberti • Método de los puntos • Estándar militar MIL-STD-882D
SEMICUANTITATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Criticidad total por riesgo (CTR) • Matriz de criticidad por riesgo (MCR)
CUANTITATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso de análisis jerárquico (AHP)

Figura 2-2: Metodologías para análisis de criticidad

Fuente: (Varios)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.9.1 Criticidad Total por Riesgo (CTR)

Criticidad total por riesgo es un método semicuantitativo soportado en el concepto del riesgo, que resulta de la multiplicación de la frecuencia de un fallo por su severidad (Parra & Crespo, 2020, p. 5). El proceso de CTR se desarrolla de forma sencilla y práctica, permitiendo su adaptación y aplicación en un gran número de industrias, por ello en el presente trabajo se empleará este método para el cálculo de criticidad de vehículos livianos, pesados y maquinaria.

Para la aplicación del modelo CTR, se utilizan las siguientes ecuaciones (Parra & Crespo, 2020, p. 6):

$$CTR = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \quad (1)$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} \times \text{Flexibilidad operacional}) + \text{Costes de mantenimiento} + \text{Impacto SHA} \quad (2)$$

$$CTR = \text{Frecuencia} \times ((\text{Impacto operacional} \times \text{Flexibilidad operacional}) + \text{Costes de mantenimiento} + \text{Impacto SHA}) \quad (3)$$

Esta metodología presenta criterios de evaluación enfocados en frecuencia de fallo e impacto en el área operativa: económica, seguridad humana y medio ambiente (Ver Tabla 6-2). Los criterios y calificaciones presentados en la Tabla 6-2 no son estandarizados por lo que deben ser ajustados o modificados acorde a la misión, objetivos, etc., de empresa.

Identificados los ítems a priorizar y definidos los criterios, se asigna calificaciones según sea el factor y el ítem evaluado, y por medio de la ecuación (3) se obtiene el valor de criticidad. Este

resultado y la calificación de frecuencia de fallo servirán de directrices para su ubicación en una matriz que tiene una gama de colores que indica la intensidad y el área de criticidad como se observa en la Figura 3-2.

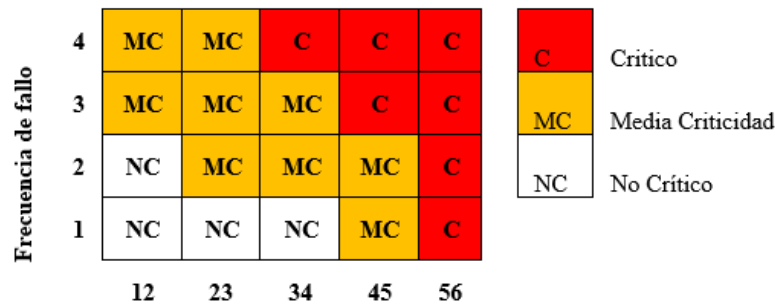


Figura 3-2: Matriz de criticidad propuesta por el método CTR
Fuente: (Parra & Crespo, 2020)

Tabla 6-2: Factores y cuantificaciones del método CTR

• Frecuencia de fallo	CALIFICACIÓN
Frecuente: mayor a 4 eventos al año	4
Promedio: 4 eventos al año	3
Bueno: 2 - 3 eventos al año	2
Excelente: mínimo 1 evento al año	1
• Consecuencias	
Impacto Operacional	CALIFICACIÓN
Parada inmediata de toda la empresa, pérdida grave	10
Parada de la empresa (recuperable con otro)	8
Impacto en los niveles de producción o calidad	6
Repercute en los costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	3
No genera ningún efecto o impacto significativo sobre las demás operaciones	1
Flexibilidad Operacional	CALIFICACIÓN
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes	4
Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios	2
Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños	1
Costes de Mantenimiento	CALIFICACIÓN
Superiores a \$ 3,000 en reparación, materiales y mano de obra	2
Inferiores a \$ 3,000 en reparación, materiales y mano de obra	1
Impacto en la Seguridad Higiene y Ambiente (SHA)	CALIFICACIÓN
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor que exceden los límites permitidos.	10
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud del personal y/o incidente ambiental de difícil restauración	8
Riesgo mínimo de pérdida de vida, y afección a la salud del personal (recuperable) y/o incidente ambiental menor (controlable)	5
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales	2

Fuente: (Parra & Crespo, 2020)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM)

2.10.1 Breve introducción

El mantenimiento centrado en la fiabilidad, popularmente llamado por sus siglas en inglés RCM (Reliability Centred Maintenance), fue desarrollado por la industria comercial de aviación con el objetivo de mejorar la seguridad y la confiabilidad de sus equipos.

El RCM como proceso fue documentado en un reporte escrito por primera vez por F.S. Nowlan y H.F. Heap, y luego este trabajo fue publicado por el departamento de Defensa de U.S. en el año 1978 (SAE JA1011, 1999). Esto sirvió como base para la aplicación del RCM como proceso dentro de organizaciones que requieran formular estrategias de mantenimiento óptimas para sus activos físicos. Sin embargo ante el uso extendido del término RCM y la diversidad de trabajos desarrollados referente a este proceso como metodología, ha llevado a que entes internacionales presenten normas que sirvan de fuente de consulta como la SAE JA 1011 y SAE JA1012; donde la primera señala criterios mínimos para que el RCM sea considerado como proceso, mientras que la segunda los amplía y desarrolla especialmente los que resultan vitales para la aplicación del RCM (SAE JA1012, 2002).

El RCM es una metodología orientada al planteamiento de estrategias óptimas de mantenimiento. Por ello para el desarrollo del presente trabajo de integración curricular resulta fundamental el involucramiento de personas conocedoras sobre los vehículos de la flota vehicular de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.; que incluye al personal de mantenimiento, operación, financiero etc., de modo que la información que se obtenga sea útil y efectiva para el correcto desarrollo y aplicación de esta metodología.

2.10.2 Metodología del Mantenimiento centrado en la fiabilidad RCM

El RCM como tal “es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional” (Moubrey, 2004, p. 7). Los activos físicos deben cumplir sus funciones bajo parámetros de funcionamiento establecidos, de ahí la importancia de asignar tareas de mantenimiento efectivas.

El proceso del RCM para cumplir su objetivo, establece siete preguntas básicas relacionadas con el activo físico sujeto a estudio, esto se muestra en la Figura 4-2.

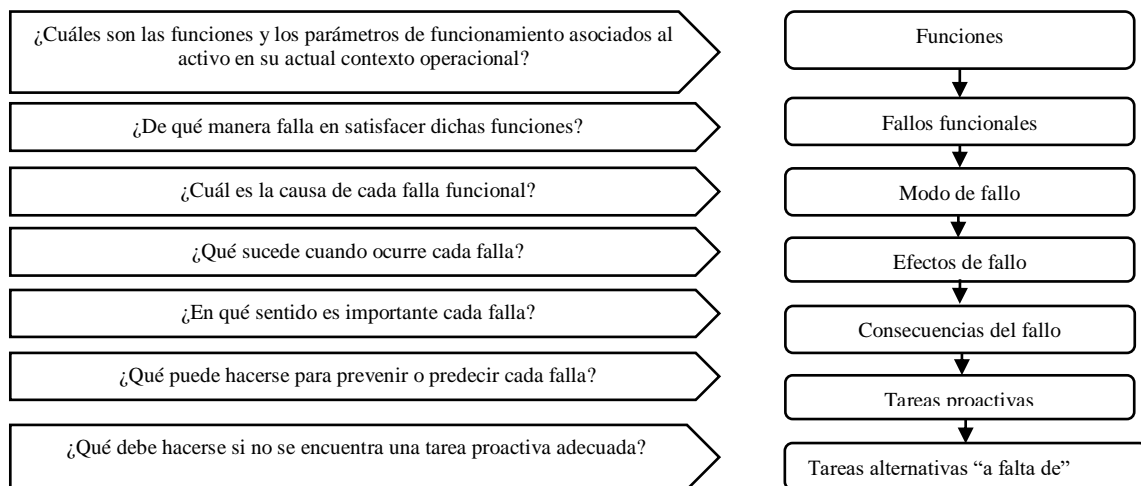


Figura 4-2: RCM: Las siete preguntas básicas

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10.2.1 Funciones

Función es lo que los usuarios desean que realicen sus activos físicos en su contexto operacional (Moubray, 2004, p. 8). Se denomina contexto operacional a “las circunstancias bajo las cuales se espera que opere el activo físico o sistema” (SAE JA1011, 1999). Las condiciones de funcionamiento de los equipos son distintas, aunque estos presenten similares características.

La primera pregunta del proceso del RCM, hace énfasis a la descripción de funciones de cada activo físico analizado. Es por ello que la norma SAE JA 1012 señala cuatro conceptos claves referente a la definición de funciones (ver Tabla 7-2); estas de forma general deben contener un verbo, objeto y su estándar de funcionamiento en lo posible cuantitativo.

Tabla 7-2: Aspectos clave y consideraciones para definir funciones de un activo físico

Aspectos clave	Consideraciones
Definir el contexto operacional del activo	Breve descripción global de cómo y dónde se utilizará el activo; además de criterios de desempeño como: -Especificaciones técnicas -Funcionamiento -Aspectos climáticos -Normas y reglamentos -Proceso y operación -Redundancia -Estándares de calidad -Afectaciones medioambiental
Identificar todas las funciones del activo/sistema (funciones primarias y secundarias, incluyendo funciones de dispositivos de protección)	Funciones primarias: razón por la cual se adquiere un activo físico, funciones específicas. Funciones secundarias: son menos obvias que las primarias. Al identificarlas tomar en cuenta aspectos como: integridad de seguridad/estructural, ambiental; control/confort/contención; apariencia; dispositivos y sistemas de protección; economía; eficiencia; superfluos (no desempeño de función).
Una función debe contener un verbo, un objeto y un estándar de desempeño.	Al definir las funciones de un activo físico, ayuda mucho iniciar con un verbo en infinitivo (transportar, bombear agua etc.).
Los estándares de desempeño incorporados en los enunciados deben tener un nivel deseado por el usuario del activo/sistema en su contexto operacional	Los estándares de desempeño deben ser cuantificados en casos en que sea posible, pues estos serán más claros y precisos que los cualitativos.

Fuente: (SAE JA1012, 2002)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10.2.2 Fallos funcionales

Al definir las funciones de un activo físico se debe incluir su estándar de funcionamiento, ante esto Moubray (2004, p. 50) define al fallo funcional como “ la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario” (Moubray, 2004, p. 50). El fallo funcional describe el estado de fallo, por lo que resulta más factible definir un fallo en términos de pérdida de una función específica.

Un activo tiene diferentes funciones, de modo que puede experimentar varios estados de fallo, por lo que estos deben ser identificados y registrados para cada función.

2.10.2.3 Modo de fallo

Cuando en un activo ha ocurrido uno o más fallos funcionales se debe identificar las posibles causas, Moubray (2004, p. 56) expresa que un modo de fallo es “cualquier evento que causa una falla funcional” (Moubray, 2004, p. 56). Conviene señalar que cada fallo funcional puede tener varios modos de fallo y para describirlos se debe considerar ciertos aspectos (Ver Tabla 8-2). Un modo de fallo generalmente debe contener un pronombre y un verbo.

Tabla 8-2: Aspectos y consideraciones para definir modos de fallo

Aspectos	Consideraciones
Identificar los modos de fallo	Identificar los modos de falla probables que puedan causar cada fallo funcional. La descripción de un modo de fallo debe contener al menos un pronombre y un verbo.
Establecer que se entiende por “probable”	El método para decidir que constituye un modo de falla “probable” debe ser aceptado por el dueño o usuario del activo
Niveles de causalidad.	Identificar los modos de fallo en un nivel de causalidad que haga posible identificar una política de manejo de fallos apropiado.
Fuentes de información	Las listas de modos de fallo deben incluir los que hayan ocurrido antes, los que están siendo prevenidos actualmente debido a la existencia de programas de mantenimiento, y los modos de falla que no han ocurrido aún pero que se piensa probables (creíbles) en el contexto operacional.
Tipos de modos de fallo	Las listas de los modos de fallo deben incluir cualquier evento o proceso que probablemente pueda causar un fallo funcional, incluyendo deterioro, defectos de diseño, y errores humanos que pueden ser causados por operadores o mantenedores.

Fuente: (SAE JA1012, 2002)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10.2.4 Efectos de fallo

Al desarrollarse un modo de fallo, se generan ciertos resultados en torno al activo físico. Los efectos de fallo “describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla” (Moubray, 2004, p. 77). La descripción de los efectos de fallo servirá para evaluar sus consecuencias por ello se lo debe hacer de forma que no se estuviera realizando nada para evitarlos; en la Figura 5-2 se detalla ciertas características ha considerar para una correcta descripción del efecto de fallo.

○	La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla
○	Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente
○	Las maneras (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones
○	Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla
○	Qué debe hacerse para reparar la falla

Figura: 5-2: Características para describir efectos de fallo.

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10.2.5 Consecuencias del fallo

Los activos físicos al funcionar a un nivel por debajo del desempeño deseado por el usuario impactan en las áreas de una organización o empresa que los utiliza, por lo que resaltar las consecuencias ante la ocurrencia de un fallo define su importancia. Para evaluar las consecuencias de cada modo de fallo, la correcta descripción de los efectos de fallo es primordial.

En la Norma SAE JA 1012 se estipula que “Las consecuencias de cada modo de falla deben ser formalmente categorizadas” (SAE JA1012, 2002). Esto se detalla en la En la Tabla 9-2.

Tabla 9-2: Categorización de las consecuencias de los modos de fallo

Modos de fallos evidentes	Evidentes en condiciones normales de operación	- Consecuencias para la seguridad y medio ambiente: los primeros pueden afectar o dañar a las personas, mientras que los segundos pueden violar alguna norma o regulación ambiental conocida.
		- Consecuencias operacionales: pueden afectar a la producción u operaciones (calidad, rendimiento, servicio, costos operativos y de reparación).
		- Consecuencias no operacionales: solo implica costos directos de reparación.
Modos de fallo ocultos	No evidentes en condiciones normales de operación	- Consecuencias por fallos ocultos: estos se asocian a dispositivos de seguridad y son empleados generalmente para: -Alertar a los operadores por condiciones anormales del equipo protegido. -Detener el equipo en caso de fallo. -Reemplazar una función que fallo. -Prevenir la aparición de situaciones de peligro.
La valoración de las consecuencias de falla debe realizarse como si ninguna tarea específica se esté llevando a cabo actualmente para anticipar, prevenir o detectar el fallo		

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

Hasta ahora se ha detallado la forma de responder a las cinco preguntas del RCM, evidenciándose que estos pasos son secuenciales y ordenados dando lugar a un análisis de modos de fallos y efecto (AMFE.), o también conocido como análisis y llenado de la hoja de información del RCM.

En la Tabla 10-2 se detalla los campos de información de la hoja del RCM, esta permite establecer una codificación en base a la función, el fallo funcional y modo de fallo del activo analizado. Por ejemplo: el código 1A1, se compone de tres dígitos; el primer dígito describe la función número

uno; el segundo se refiere al fallo funcional A de la función uno, y el tercero representa al modo de fallo uno del fallo funcional A; y también se registra las consecuencias de cada modo de fallo.

Tabla 10-2: Hoja de información del RCM

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área:	Sistema N°:	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°:
		Sistema:	Subsistema N°:	Auditor:	Fecha:	de
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la función)	MODO DE FALLA (causa del fallo)	EFECTO (Descripción de la causa del fallo)		CONSECUENCIAS
1	A		1			
			2			
			n			
	B		1			
			2			
			n			

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10.2.6 Tareas de mantenimiento

Las últimas preguntas del RCM engloban una serie de criterios relacionados a las consecuencias ante la ocurrencia de un fallo y las acciones que pueden tomarse para manejar fallos; pues al dar respuesta a las cinco preguntas del RCM, se obtiene información valiosa para determinar tareas de mantenimiento que son las actividades llevadas a cabo con el fin de evitar o disminuir las consecuencias de los fallos.

Según Moubray (2004, p. 133) las acciones que pueden tomarse en cuenta para el manejo de fallos se clasifican en dos categorías: tareas proactivas y acciones a falta de (ver Tabla 11-2).

Tabla 11-2: Tareas de mantenimiento para manejo de fallos

TAREAS PROACTIVAS (respuesta a la sexta pregunta)	Reacondicionamiento cíclico	Incluye revisiones o cambios completos realizados a intervalos de tiempo determinados con la finalidad de reducir fallos relacionados con la edad (se asocian a desgastes directos, fatiga, corrosión, oxidación, evaporación etc.,)
	Sustitución cíclica	Ocurre cuando un elemento o componente ha alcanzado el fin de su vida útil o resulta costoso reacondicionarlo.
	Mantenimiento a condición	Consiste en detectar condiciones anómalas para actuar de forma preventiva de modo que se minimicen o eviten las consecuencias de fallos. Se utiliza técnicas predictivas (monitoreo de condición con equipos especializados, uso de los sentidos humanos etc.,)
ACCIONES A FALTA DE (respuesta a la séptima pregunta)	Búsqueda de fallos	Tareas diseñadas a chequear si algo todavía funciona. Solo se aplica a las fallas ocultas.
	Rediseño	Cambio en la especificación de cualquier componente de un equipo.
	Mantenimiento a rotura	Dejar fallar.

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10.3 Diagrama y Hoja de Decisión

La metodología del RCM incluye procesos de decisión representados en estructuras estratégicas únicas; tal es el caso del Diagrama y Hoja de Decisión, éste último comprende uno de los dos documentos centrales en la aplicación del RCM (el primero es la Hoja de Información).

En forma general la Hoja de Decisión sirve de registro de respuestas a las preguntas que se hallan formuladas en el Diagrama de Decisión, es decir los dos se hallan vinculados.

En la Figura 6-2, se presenta el diagrama de decisión del RCM, el cual permite analizar cada modo de fallo que se establezca en la hoja de información, para esto en el encabezado se clasifica a los fallos en ocultos y evidentes a través de la primera interrogante (H); y además ayuda a determinar el tipo de consecuencia que se origina, donde según su importancia son: seguridad (S), medio ambiente (E), operacionales (O) y no operacionales (N). Posteriormente de acuerdo al tipo de consecuencia predominante para un modo de fallo analizado, se intentará dar respuesta a una serie de interrogantes codificadas con la letra que identifica el tipo de consecuencia más un número consecutivo; por ejemplo, S2 es la interrogante dos cuando se trata de un fallo con consecuencias predominantes para la seguridad o el medio ambiente (Moubray, 2004, p. 210). De esta manera se analiza los modos de fallos y las respuestas a estas interrogantes se registrarán en la Hoja de Decisión.

En la Tabla 12-2 se detalla la Hoja de Decisión, la cual está dividida en 16 columnas, las tres primeras F, FF Y FM describen al modo de fallo analizado, cuyos campos de información se obtendrán de la codificación establecida en la Hoja de Información del RCM, por ejemplo, 1A1, 1A 2 etc. Con esto se demuestra la correlación de referencias entre las Hojas de Información y las de Decisión. Por otro lado, las diez columnas siguientes hacen referencia a las preguntas del Diagrama de Decisión del RCM; las columnas tituladas H, S, E y O registran las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de fallo; las columnas H1, H2 y H3 etc., se utiliza para llenar la tarea proactiva seleccionada, y si es así, qué tipo de tarea; y en caso de ser necesario las columnas encabezadas con H4, H5 y S4 registran las contestaciones de las preguntas “a falta de”.

Es importante recalcar que los campos descritos serán llenados con “S” en caso de respuestas afirmativas a las preguntas del Diagrama de Decisión y “N” de ser negativas. Finalmente, en las últimas tres columnas se escribe la tarea que ha sido seleccionada, la frecuencia con la que debe realizarse y quién la ejecutará.

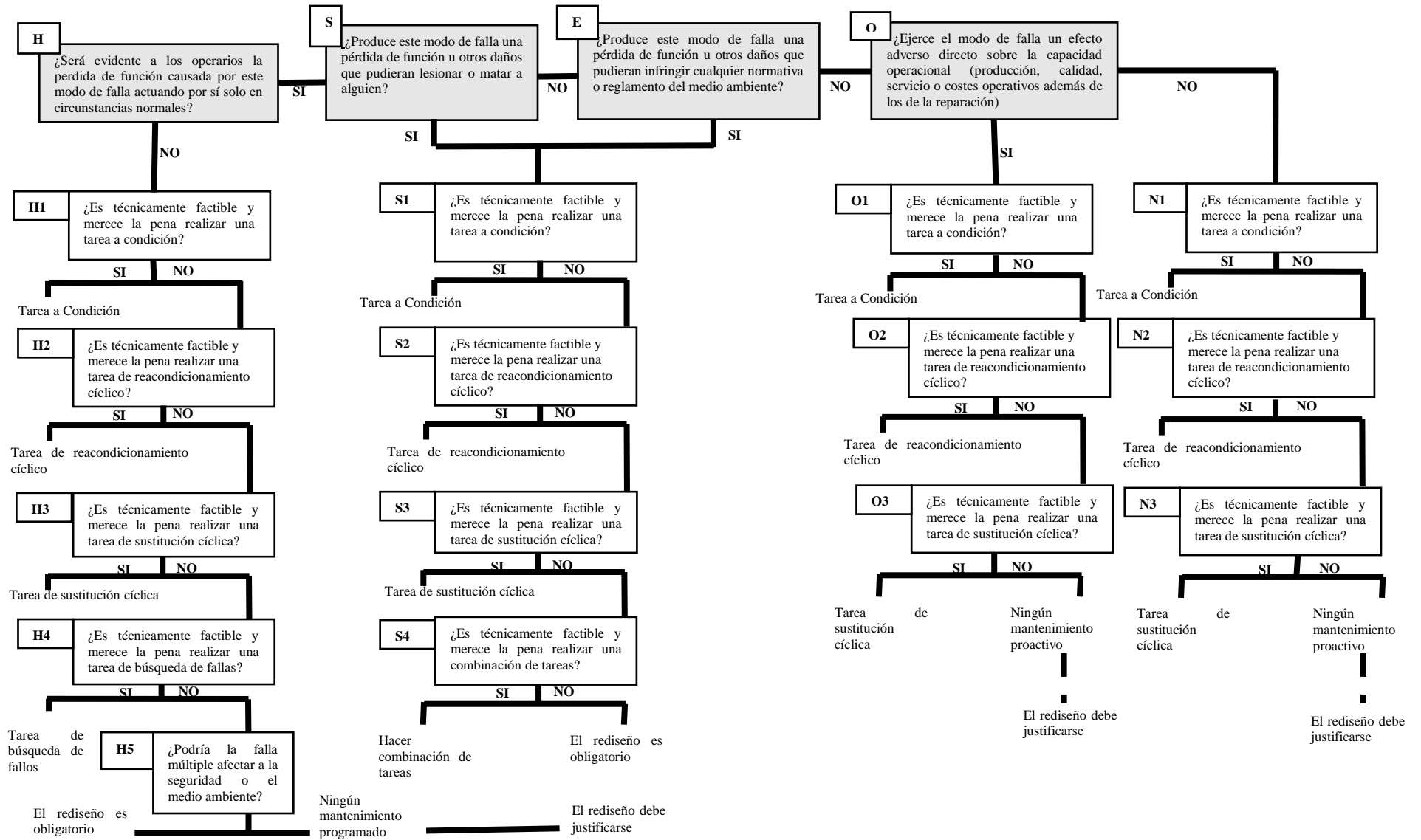


Figura 6-2: Diagrama de Decisión del RCM

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

Tabla 12-2: Hoja de Decisión RCM

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área:				Sistema N°:			Facilitador:			Fecha:	Hoja N°:	
			Sistema:				Subsistema N°:			Auditor:			Fecha:	de	
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10.4 Frecuencia de mantenimiento

Resulta fundamental saber cuándo realizar intervenciones preventivas de modo de asegurar la mayor fiabilidad y disponibilidad al equipo (Pascual & Torres, 2015, p. 22). Para determinar la frecuencia de mantenimiento de una tarea existen múltiples modelos o criterios.

Sexto Luis (2020, p. 2) manifiesta que los principales criterios para la asignación de las frecuencias de mantenimiento son: criterio contractual, criterio del fabricante, criterio analítico estadístico, criterio basado en la experiencia (expertos), criterio de evaluación de la condición, criterio de la información del activo no contextualizado (base de datos ajenas) (Sexto, 2020, p. 2). De los criterios mencionados se explicará un modelo matemático que permita determinar el tiempo de intervención de una tarea de mantenimiento para conocimiento general, sin embargo, se utilizará el criterio de la experiencia (expertos) para definir frecuencias para el presente trabajo.

2.10.4.1 Formulación de modelo matemático

La determinación de intervenciones preventivas óptimas requiere la introducción del concepto de fiabilidad, la cual puede ser modelada con la distribución de Weibull de parámetros β y η (Pascual & Torres, 2015, p. 22). Para estimar parámetros de Weibull existen ciertos métodos como el de regresión de los rangos medianos (MRR) la cual proporciona una visualización gráfica de los datos analizados y ayuda a identificar situaciones de un ajuste pobre.

Para calcular el rango mediano de una muestra menor a 20 datos se emplea la ecuación (4)

$$RM(X_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (4)$$

Donde:

RM: rango mediano

i: orden de falla

n: número total de fallas o número de datos

Por otro lado, si en un gráfico de probabilidad los datos calculados se agrupan alrededor de una línea recta, significa que los datos se hallan representados por la distribución probada, ante esto se utiliza un coeficiente de correlación r^2 (coeficiente de determinación lineal). Este oscila entre cero y uno e indica el ajuste lineal obtenido; cuanto más se aproxime a uno se obtendrá mejor ajuste significando mayor fiabilidad. Esto se calcula mediante la ecuación (5)

$$r^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N} \right)}{\left(\sum_{i=1}^N x_i^2 - N(\bar{x})^2 \right) \left(\sum_{i=1}^N y_i^2 - N(\bar{y})^2 \right)} \quad (5)$$

La distribución de Weibull ayuda a determinar la probabilidad de supervivencia de un elemento en un tiempo determinado, como también la etapa del ciclo de vida en la que se halla un ítem, de ahí su amplia aplicación en el campo de la ingeniería y del mantenimiento (Samaniego, 2019, p. 22). Por tal razón mediante la estimación de los parámetros de Weibull por el método de regresión de rango mediano se determinará el tiempo de intervención de tareas de mantenimiento.

La función de distribución acumulativa de Weibull, según la norma NTP 331 denominada Fiabilidad: la distribución de Weibull (1994) la define como se muestra en la ecuación (6).

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (6)$$

Donde:

η : parámetro de escala o vida característica

β : factor de forma

t: tiempo expresado como una variable

Despejando y aplicando doble logaritmo a la ecuación (6) se obtiene (7).

$$1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$
$$\ln[1 - F(t)] = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta$$

$$\ln\{-\ln[(1-F(t))]\} = \beta \ln(t) - \beta \ln(\eta) \quad (7)$$

Con la expresión (7) se deduce que esta se asemeja a la ecuación lineal de la recta de la forma (8):

$$y = mx + b \quad (8)$$

De donde:

$$y = \ln\{-\ln[(1-F(t))]\} \quad (9)$$

$$m = \beta \quad (10)$$

$$x = \ln(t) \quad (11)$$

$$b = -\beta \ln(\eta) \quad (12)$$

De las ecuaciones (10) y (12) se observa que el parámetro de forma β representa la pendiente de la recta cuyo cálculo se lo realiza mediante (13); mientras que, el parámetro de escala η está en función de la intersección b y despejándola se obtiene la expresión (14)

$$m = \beta = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (13)$$

$$\eta = e^{\left(-\frac{b}{\beta}\right)} \quad (14)$$

Con los parámetros de Weibull calculados se puede hallar la tasa de fallos mediante la expresión (15), y el tiempo de intervención de mantenimiento mediante (16) que se obtiene de despejar t de la ecuación (6).

$$\lambda(t) = h(t) = \beta \frac{t^{\beta-1}}{\eta^\beta} \quad (15)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (6)$$

$$1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

$$\frac{1}{1 - F(t)} = e^{\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

$$\ln\left(\frac{1}{1 - F(t)}\right) = \left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta$$

$$\ln\left(\frac{1}{1 - F(t)}\right)^{\frac{1}{\beta}} = \left(\frac{t}{\eta}\right)$$

$$t = \eta * \ln\left(\frac{1}{1 - F(t)}\right)^{\frac{1}{\beta}} = \eta * \left\{\ln\left[\frac{1}{R(t)}\right]\right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad (16)$$

2.10.5 Factibilidad técnica de las tareas

“Todas las tareas programadas deben ser técnicamente factibles y deben valer la pena hacerlas (aplicables y efectivas)” (SAE JA1012, 2002). Una tarea es técnicamente factible, si físicamente reduce las consecuencias de un modo de fallo, a un nivel aceptable para el usuario del activo.

2.10.5.1 Intervalo P-F

La factibilidad técnica de las tareas a condición se analiza mediante el intervalo P-F, que es “El intervalo entre el punto en que el potencial de falla se hace detectable y el punto en que este se degrada hasta una falla funcional” (SAE JA1011, 1999). El punto P de la Figura 7-2 es identificable a través de tareas de mantenimiento basado en la condición, por otro lado el punto F es lo que se desea evitar.

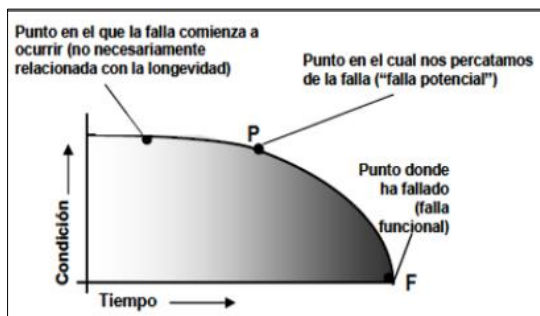


Figura 7-2: Intervalo P-F

Fuente: (Moubray, 2004)

La factibilidad técnica de las tareas de reacondicionamiento, sustitución cíclica y basadas en condición se decide mediante ciertos criterios que se detallan en la Tabla 13-2.

Tabla 13-2: Factibilidad técnica de tareas de mantenimiento

Reacondicionamiento cíclico
Las tareas son técnicamente factibles si: -Hay una edad identificable en la que el elemento muestra un rápido incremento en la probabilidad de fallo (elemento debe tener vida útil) . -La mayoría de los elementos sobreviven a esta edad (todos los elementos si el fallo tiene consecuencias para la seguridad y ambiente) -Se restaura la resistencia original del elemento al fallo (o aproximación cercana)
Sustitución cíclica
Las tareas son técnicamente factibles si: -Hay una edad identificable en la que el elemento muestra un rápido incremento en la probabilidad de fallo (elemento debe tener vida útil) . -La mayoría de los elementos sobreviven a esta edad (todos los elementos si el fallo tiene consecuencias para la seguridad y ambiente).
Mantenimiento a condición
Las tareas a condición programadas son técnicamente factibles si: -Es posible definir una condición clara de fallo potencial -El intervalo P-F es razonablemente consistente -Resulta práctico monitorear el elemento a intervalos menores al intervalo P-F -El intervalo P-F neto es lo suficientemente largo como para ser de alguna utilidad (lo suficiente largo como para actuar a fin de reducir o eliminar las consecuencias del fallo funcional)




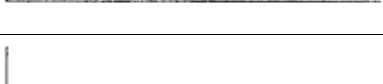

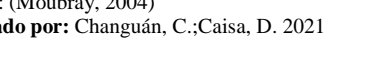
Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.10.5.2 Patrones de fallo

Uno de los resultados obtenidos del reporte escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap, fue la presentación de seis patrones de fallo que se sintetizan en la Tabla 14-2.

Tabla: 14-2: Patrones de fallo

Patron de fallo	Descripción
A 	Patron A: curva de la bañera, comienza con una gran incidencia de fallos, (mortalidad infantil) seguida por incremento gradual de la probabilidad condicional de fallo y por último una zona de desgaste.
B 	Patron B: muestra probabilidad condicional de fallo constante o de lento incremento, y que termina en una zona de desgaste.
C 	Patron C: se ve un crecimiento lento de la probabilidad de fallo, pero no tiene una edad de desgaste claramente definida.
D 	Patron D: describe baja probabilidad condicional de fallo cuando el equipo es nuevo o recién salido de fábrica, y experimenta luego un incremento constante.
E 	Patron E: muestra probabilidad condicional de fallo constante a todas las edades por igual (fallo al azar)
F 	Patron F: inicialmente describe una alta mortalidad infantil que finalmente cae a una probabilidad de fallo constante o que puede ascender lentamente.

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

Los patrones de fallo de la Tabla 14-2, muestran la relación entre la probabilidad condicional de fallo y el tiempo u horas de operación. Es importante mencionar que los patrones de fallo A, B,C presentan una zona de desgaste en la parte final, es decir se relacionan con la edad (fatiga, corrosión, abrasión y evaporación).

De acuerdo a los patrones de fallo mostrados, se evidencia que a medida que los elementos se hacen más complejos, se encuentra cada vez más patrones E y F (Moubray, 2004, p. 13). Los patrones de fallo explicados servirán para el análisis de factibilidad técnica de tareas.

2.10.6 Sostenibilidad tecnica de las tareas

Otro término alineado al de factibilidad es la sostenibilidad, por ello la norma SAE JA1012 expone que “ Si dos o más políticas de manejos de fallos propuestas son técnicamente factibles y valen la pena hacerlas (aplicables y efectivas), se debe seleccionar la política que sea más costo-efectiva (SAEJA1012, 2002)”. Es decir se debe seleccionar tareas que reduzcan las consecuencias de un modo de fallo de manera económica, y esto debe prevalecer sobre otras que sean técnicamente sofisticadas (uso de tecnología).

2.10.6.1 *Análisis de costos*

Las pérdidas en la generación potencial de ingresos en los procesos de producción son a causa de: la ocurrencia de un fallo y de las actividades de mantenimiento, pues en estos dos casos se ve interrumpido el flujo de producción o servicio (Samaniego, 2019, p. 21). Las actividades de mantenimiento preventivo incurren en costos directos e indirectos, y su cálculo permitirá determinar su sostenibilidad técnica.

La sostenibilidad de una tarea de mantenimiento puede ser analizada mediante costos, este análisis se lo debe realizar para las tareas de mantenimiento que presenten consecuencias operacionales. Para el cálculo del costo de mantenimiento correctivo, basado en condición y preventivo, en el artículo científico “Método para el cálculo del costo de indisponibilidad en procesos productivos” se exponen las siguientes expresiones (Hernández, Angulo, Fiallos, & Chávez, 2017, p. 91):

- Costo de mantenimiento correctivo

$$CMC=H(t)(\text{año}) * \left[C_{\text{repuestos}} + C_{\text{materiales}} + C_{H/H} * T_1 + MC_u * C * T_1 \right] \quad (17)$$

Donde:

H : tasa de fallos acumulada

MC_u: margen de contribución unitario

C_{repuestos}: costo de repuestos

T₁: tiempo de indisponibilidad en un período de tiempo

C_{materiales}: costo por materiales

C: capacidad de producción por hora

C_{H/H}: costo de hora hombre del personal

- Costo de mantenimiento basado en condición

$$CMBC=H(t)(\text{año}) * \left[C_{\text{repuestos}} + C_{\text{materiales}} + C_{H/H} * T_{MP} + MC_u * C * T_{MP} \right] + \text{costo de inspección} * \text{número de inspecciones} \quad (18)$$

Donde:

T_{MP}: mantenimiento preventivo de un período de tiempo

- Costo de mantenimiento preventivo

$$CMP = \frac{\text{Horas año}}{t_{R(t)}} * \left[C_{\text{repuestos}} + C_{\text{materiales}} + C_{H/H} * T_{MP} + MC_u * C * T_{MP} \right] \quad (19)$$

Donde:

t: tiempo óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo

R(t): confiabilidad

Dentro de las expresiones (17), (18) y (19) se observa la variable MCu (margen de contribución unitario) que debe ser calculada mediante la ecuación (20).

$$MC_u = PV_u - CV_u \quad (20)$$

Donde:

MCu: margen de contribución unitario

PVu: precio de venta unitario del producto o servicio ofertado

CVu: costos variables unitarios

Los CVu se calculan mediante la expresión (21).

$$CV_u = \frac{\text{Costos variables}}{\text{Unidades producidas}} \quad (21)$$

2.11 Logística de Mantenimiento

La ejecución de tareas de mantenimiento de forma eficiente requiere de todo lo necesario para este fin, por ello la norma UNE EN 13306, define a la logística de mantenimiento como la “Provisión de recursos, servicios y gestión necesarios para realizar el mantenimiento” (UNE- EN 13306, 2018).

Los elementos principales para una adecuada logística de mantenimiento son: mano de obra, repuestos y materiales, herramientas/equipos, manuales técnicos.

2.11.1 *Mano de obra*

Se refiere al personal necesario para la ejecución de las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta que su asignación dependerá del tipo de tarea. Para calcular el costo por mano de obra se debe considerar los elementos que se detallan en la Tabla 15-2.

Tabla 15-2: Costo de mano de obra

Costos de mano de obra				
Tarea de mantenimiento	# especialista	USD/Hr-hombre	Duración (Hr)	Costo total (USD)
Cambio de filtro de aceite	1	2,92	0,5	1,46

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.11.2 *Repuestos y materiales*

Indica lo que se va a utilizar para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento por ejemplo filtros, bandas, aceite etc.; su costo se calcula como se muestra en la Tabla 16-2.

Tabla 16-2: Costo de materiales y repuestos

Costo de materiales y repuestos				
Material/repuesto	Cantidad	Unidad	Valor unitario (USD)	Costo total (USD)
Filtro de aceite	1	und	18,00	18,00

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.11.3 *Herramientas /equipos*

Cada tarea de mantenimiento requiere de herramientas y equipos específicos para su ejecución, de ahí la importancia de saber cuáles y el número a utilizar. Ejemplo: destornilladores, taladros (herramientas), pirómetros, termómetros (equipos).

2.11.4 *Manuales técnicos*

Son documentos de apoyo para el personal técnico y son utilizados como fuente de consulta para la realización de las actividades de mantenimiento de manera adecuada. Estos pueden ser físicos o digitales.

2.12 **Plan de Mantenimiento**

La norma UNE EN 13306 define al plan de mantenimiento como un “conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento (UNE- EN 13306, 2018). Un plan de mantenimiento adecuado asegurará la disponibilidad y confiabilidad de activos físicos, pues las actividades que se incluyan deben tener como objetivo alcanzar la vida útil de los ítems a mantener.

Los principales métodos para elaborar un plan de mantenimiento, se detalla en la Tabla 17-2.

Tabla 17-2: Métodos para elaborar de un plan de mantenimiento

Método	Descripción
Plan basado en recomendaciones de fabricantes	Consiste en la recopilación de instrucciones técnicas de los manuales de operación y mantenimiento de los fabricantes de los equipos. La desventaja de este método radica en que el fabricante desconoce las condiciones operativas donde funcionará el equipo.
Plan basado en el RCM	Método que tiene un nivel de estudio detallado y profundo, donde se analizan los fallos para la determinación de tareas de mantenimiento óptimas que reduzcan la ocurrencia de modos de fallo. Esta forma es considerada la más eficaz.
Plan basado en protocolos genéricos (banco de tareas)	Método que desarrolla el plan mediante protocolos generales de mantenimiento por tipo de equipo, es decir a través de banco de tareas, donde a cada tipo de equipo se le asigna el protocolo de mantenimiento correspondiente.

Fuente: (Samaniego, 2019))

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

Para elaborar el plan de mantenimiento preventivo del presente trabajo se empleará el RCM, metodología detallada anteriormente.

En la Tabla 18-2 se observa el formato de un plan de mantenimiento, donde se indica el equipo, tarea de mantenimiento, frecuencia, responsable de ejecutar la tarea y su respectiva logística.

Tabla 18-2: Formato de plan de mantenimiento

Sistema :		Cód.									
Equipo		Tarea	Frecuencia	Materiales		Repuestos		Mano de obra		Herramientas	
cod	Desc			Cant	Descr	Cant	Descr	Cant	Descr	Cant	Descr

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.12.1 Cronograma de mantenimiento

Documento físico o digital que indica las fechas de ejecución de las tareas de mantenimiento establecidas durante un periodo de tiempo (generalmente es anual y detallado por semanas).

En la Tabla 19-2 se muestra un formato de cronograma de mantenimiento.

Tabla 19-2: Formato de cronograma de mantenimiento

Equipo	Tarea de Mtto	Frecuencia	Meses											
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.13 Documentos de mantenimiento

La información en soporte escrito o electrónico para ejecutar el mantenimiento se conoce como documentos de mantenimiento, los cuales se van generando a lo largo del ciclo de vida de un activo, que es el intervalo de tiempo de un equipo que inicia en su diseño y acaba en su retirada (UNE-EN 13460, 2009). La documentación de mantenimiento es necesaria para la ejecución y gestión de la misma, donde los necesarios son: orden de trabajo, solicitud de trabajo, requisición de materiales, formato de plan de mantenimiento (ver tabla 17-2).

2.13.1 Orden de trabajo (OT)

Documento que contiene información necesaria para la ejecución de las tareas de mantenimiento, y a la vez recopila datos relevantes sobre cada intervención, convirtiéndose en fuentes importantes de información. (García Garrido, 2010, p. 250). La OT se genera cuando es necesario realizar trabajos correctivos o preventivos; esta no tiene un formato estandarizado, pero por lo general llevan los elementos de información que se listan en la Tabla 20-2.

Tabla 20-2: Elementos de información de una OT

Número de orden	Código de equipo	Anomalía
Peticionario	Ubicación	Descripción de la intervención
Fecha de emisión	Prioridad	Personal
Fecha de ejecución	Tipo de mantenimiento	Horas de trabajo
Fecha de cierre	Estimación de recursos	Cantidad de repuestos

Fuente: (INEN-EN13460, 2009)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.13.2 Solicitud de trabajo

Documento escrito que detalla la ocurrencia de un fallo, pidiendo la realización de trabajos de mantenimiento; éste normalmente es emitido de cualquier otro departamento de una empresa a mantenimiento. Los campos principales de este documento se detallan en la Tabla 21-2.

Tabla 21-2: Solicitud de trabajo

SOLICITUD DE TRABAJO	
Departamento solicitante:	Número de solicitud:
Nombre del solicitante:	Cód. máquina/sistema:
Fecha:	Maquina/sistema:
Anomalía detectada:	
Descripción:	
Observaciones:	
Firma	

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

2.13.3 Requisición de materiales

Denominada también solicitud de materiales, es un documento escrito para solicitar a bodega los materiales que se requieren para la ejecución de trabajos de mantenimiento; mediante éste se lleva un control de los materiales para posteriormente gestionarlos de mejor manera. Los principales campos de este documento son: número de requisición, tipo de trabajo donde se utilizará los materiales, fecha de entrega, cantidad, descripción del material, costo unitario, costo total y firmas de autorización.

2.14 Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador

La cantidad de información que se genera en los departamentos de mantenimiento determina la necesidad de utilizar software gestionado por ordenador, que contribuya a la adecuada gestión de mantenimiento y por ende a la mejora continua de una organización.

La Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO) o Computerized Maintenance Management System (CMMS) es una herramienta informática encargada de gestionar entre otras tareas, los mantenimientos preventivos de los activos, equipos e instalaciones de una empresa, además permite registrar, medir, y cuantificar todas aquellas intervenciones realizadas a cada uno de estos activos; permitiendo a empresas identificar problemas y tomar decisiones asertivas (Vidal , 2020, p. 23).

Un GMAO comprende básicamente una base de datos que almacena información de la empresa u organización y de sus operaciones de mantenimiento.

Las ventajas de este tipo de software radican en (Allauca & Pilco, 2018, pp. 18-20):

- Incremento de la eficiencia en el manejo de la información para mantenimiento, reflejándose en la reducción de tiempos muertos.
- Acceso a información actualizada al instante.
- Control económico del costo generado por: presupuestos, materiales, mano de obra u outsourcing utilizado.
- Mejor distribución del personal de mantenimiento en las actividades que realiza el departamento de mantenimiento en cuanto a logística, costos y tiempo.

2.14.1 GMAO y su alcance

Un GMAO presenta diferentes módulos (inventario técnico, fichas técnicas, documentos, mantenimiento etc.,) lo que permitirá (Vidal , 2020, p. 23):

- Conocer hasta el más mínimo detalle de todas las instalaciones de la empresa, inclusive llegar consultar los elementos constituyentes de un activo.
- Centralizar toda la información generada mediante la elaboración de “ordenes de trabajo” documentos importantes de mantenimiento.
- Control de incidencias, averías, intervenciones lo que generará un historial de cada maquina o equipo.
- Conocer el almacén de materiales y repuestos, controlando el stock de cada repuesto, consumible o herramienta disponible, con el fin de poder proveer los mismos.

2.15 Capacitación

La capacitación requiere de inversión, es por ello que se recomienda en primer lugar identificar las necesidades de capacitación, esto con el fin de mejorar las competencias, habilidades, conducta etc., de las personas o profesionales a capacitar (Chang, 2019, p. 28). En sí capacitar es toda actividad con enfoque al desarrollo personal o profesional, la cual responda a las necesidades de una organización.

En el trabajo de integración curricular se realizará una capacitación al personal de mantenimiento de la flota vehicular de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

CAPÍTULO III

3. SISTEMATIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN LA FIABILIDAD RCM

Uno de los métodos más utilizados para la elaboración de planes de mantenimiento es el RCM, debido a su nivel detallado de estudio y a sus resultados eficaces; por tal razón en el presente trabajo se utilizará esta metodología para obtener el plan de mantenimiento preventivo de la flota vehicular de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Para la aplicación del RCM se elaboró un diagrama de trabajo, el cual se muestra en el Gráfico 1-3.

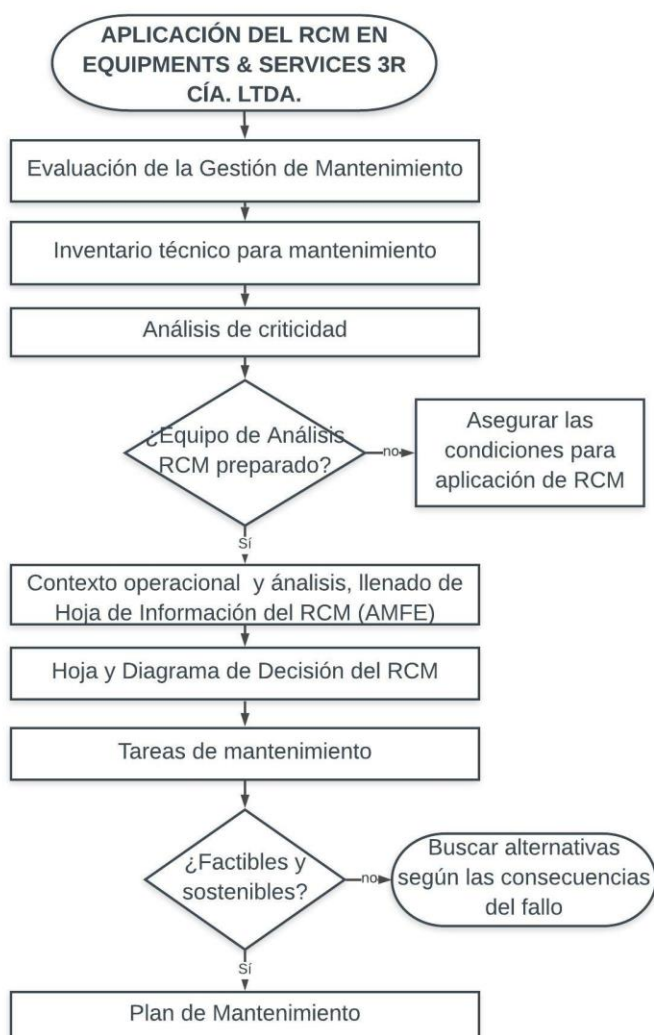


Gráfico 1-3: Diagrama de flujo para aplicación de RCM

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

3.1 Evaluación del estado actual de la gestión de mantenimiento

La evaluación de la gestión de mantenimiento de una organización se relaciona directamente a la información existente en la misma, en este caso se utilizará una evaluación sistemática, que se encuentra detallada en la teoría.

Antes del desarrollo de la evaluación de la gestión de mantenimiento de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA., se mencionarán ciertos datos informativos de esta.

3.1.1 Descripción de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

La actividad económica de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. Es brindar diferentes servicios a empresas del sector petrolero que operan en la zona nororiental del país. De ahí que la adecuada gestión de su mantenimiento se convierte en una gran herramienta de apoyo y mejora para las actividades que desarrolla la organización.

Para la prestación de servicios la empresa cuenta con una flota de vehículos livianos y pesados compuesta por camionetas y camiones en su mayor proporción, estos son utilizados para el transporte de personal, equipos, herramientas etc. necesarios para la ejecución del mantenimiento de la maquinaria en alquiler; y también para la realización de compra de repuestos.


EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. Cuenta con las áreas de refrigeración, mecánica, soldadura, generación, carpintería, campers, tanques, albañilería y el área administrativa. Siendo el área de mecánica la encargada de realizar los mantenimientos correctivos emergentes de la flota de vehículos, en esta área trabaja el jefe de mantenimiento, dos mecánicos y un ayudante, los cuales son los encargados de asegurar la disponibilidad de la flota de vehículos que necesita la empresa para la realización de sus actividades.

En la tabla 1-3 se muestra los datos informativos más relevantes de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

3.1.1.1 Misión

“Brindar soluciones técnicas para campamentos, almacenamiento de crudo y agua, mediante el alquiler de equipos necesarios para la industria petrolera” (Quintanilla, 2019, p. 52).

Tabla 1-3: Datos informativos EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

	
ITEM	DESCRIPCIÓN
Entidad	EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.
Tipo de entidad	Empresa de servicios
Dirección	Coca Km.12 vía Lago Agrío
Ciudad	Francisco de Orellana
Localización geográfica	
Servicios que presta.	-Servicio de Transporte -Servicio de Suelda -Renta de Campamentos -Renta de Generadores -Renta de Plantas Procesadores de Agua -Renta de Campers -Renta de Tanques

Fuente: (Quintanilla, 2019)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

3.1.1.2 Visión

“Liderar el Mercado nacional e internacional en la prestación de servicios a la industria petrolera mediante el alquiler de equipos de calidad, protegiendo el medio ambiente y la salud de nuestros trabajadores” (Quintanilla, 2019, p. 52).

3.1.1.3 Valores institucionales

Los valores institucionales mediante los cuales se rige la empresa son (Quintanilla, 2019, p. 52).

- Lealtad: Cumplir las responsabilidades individuales para fortalecer la imagen institucional.
- Responsabilidad: Desarrollar con efectividad las tareas encomendadas.
- Honestidad: Empezar actuaciones bajo criterios de discernimiento ético en la gestión institucional
- Eficiencia: Se entregan resultados de calidad en base a la planificación institucional.

3.1.2 Realización de evaluación en EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.,

Para evidenciar el cumplimiento de metas planteadas por una organización y a su vez determinar oportunidades de mejora es necesario una evaluación, por ello se valoró la gestión de mantenimiento de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA., a través del instrumento de evaluación del modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos desarrollado por Chang Mariela; se utilizó esta metodología debido a que los criterios y subcriterios de mantenimiento del instrumento de evaluación aplicado se determinaron en base a normas referentes al tema, y sus calificaciones fueron ponderadas mediante la metodología PAJ (Proceso Analítico Jerárquico) con la participación de expertos de mantenimiento.

Por lo tanto, al revisar los criterios y subcriterios de mantenimiento del instrumento de evaluación del modelo de auditoría mencionado estos resultan ser pertinentes para adaptarlos a esta evaluación. Para lograr este objetivo se elaboró el siguiente flujograma de trabajo (ver Gráfico 2-3)

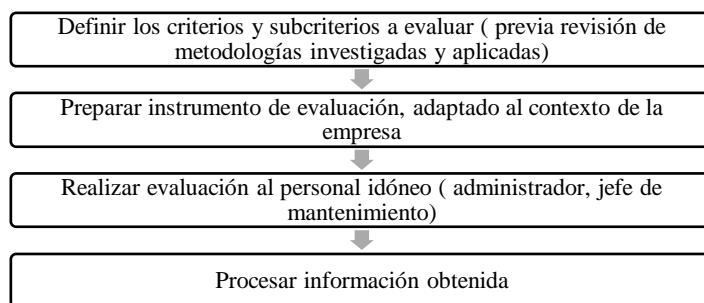


Gráfico 2-3: Flujograma de trabajo para evaluación de gestión de mantenimiento

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

3.1.2.1 Definición de criterios y subcriterios

Los criterios y subcriterios que se utilizaron se encuentran detallados en la Tabla 1-2 del marco teórico, los cuales tienen sus respectivos pesos, datos que son necesarios para procesar la información que se ha de obtener del instrumento de evaluación aplicado. De los siete criterios de la Tabla 1-2, se empleó seis, descartando al criterio de contratación externa de mantenimiento pues este no se adaptó al contexto de la empresa.

Los criterios tomados en cuenta fueron:

OM: Organización del mantenimiento

RH: Recursos humanos de mantenimiento

CG: Control de la gestión de mantenimiento

PP: Planificación y programación del mantenimiento

MC: Mantenimiento correctivo

MI: Manejo de inventario de bodega para mantenimiento

3.1.2.2 *Preparación de instrumento de evaluación*

El instrumento de evaluación empleado fue extraído de la aplicación del modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos de la Unión Cementera Nacional (UCEM) Planta Chimborazo. Este cuestionario se encuentra dividido por criterios de evaluación, cada uno con sus respectivos subcriterios, y éstos a su vez se complementan con sus niveles de referencia y exigencias que permitirán conocer el grado de cumplimiento por parte de la organización evaluada.

El instrumento de evaluación completo se halla contenido en el anexo A.

3.1.2.3 *Realización de evaluación*

Para este fin se debe tener definido al o los encargados idóneos para que brinden información correspondiente a criterios y subcriterios de gestión de mantenimiento, a quienes se les explicó sobre el método de calificación del instrumento de evaluación. En este caso el responsable de responder el instrumento de evaluación fue el jefe del área de mecánica debido a su experiencia y conocimiento del tema.

En el anexo A se halla contenido el instrumento de evaluación aplicado y los valores de calificación obtenidos en cada subcriterio de evaluación.

3.1.2.4 *Procesamiento de información*

Luego de aplicar el instrumento de evaluación en la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA., se registró los valores obtenidos en el umbral de desempeño.

En la Tabla 2-3 se muestra el umbral de desempeño completo, donde se detalla todos los valores asignados para cada criterio y subcriterio de mantenimiento en los diferentes niveles de referencia. En la Tabla 3-3 se muestra el desempeño que alcanzó la gestión de mantenimiento de la empresa evaluada, siendo este 37 %, resultado obtenido de dividir la sumatoria de los valores obtenidos y de los valores de umbral de desempeño.

Tabla 2-3: Umbral de desempeño de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

CRITERIOS	PESOS	SUBCRITERIOS	PESOS	NIVEL DE DESEMPEÑO									
				DEFICIENTE		POCO SATISFACTORIO		CUASI SATISFACTORIO		SATISFACTORIO			
ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	0,209	OM1 Políticas de mantenimiento	0,72	0	0	0,35	0,25	0,7	0,51	14,60	1	0,72	20,86
		OM2 Organigrama	0,28	0	0	0,35	0,10	0,7	0,19		1	0,28	
		SUMA	0	0,00	0,35	0,7	1	0,72					
RECURSOS HUMANOS	0,168	RH1 Proceso de selección de personal	0,23	0	0	0,35	0,08	0,7	0,16	6,51	1	0,00	0,00
		RH2 Formación profesional	0,32	0	0	0,35	0,11	0,7	0,22		0	0,00	
		RH3 Capacitación y entrenamiento	0,45	0	0	0	0,00	0	0,00		0	0,00	
SUMA	0	0	0,19	0,39	0,2324								
CONTROL DE LA GESTIÓN	0,201	CG1 Presupuesto de mantenimiento	0,23	0	0	0	0,00	0	0,00	2,60	0	0,00	0,00
		CG2 Costos de mantenimiento	0,18	0	0	0,35	0,06	0,7	0,13		0	0,00	
		CG3 Indicadores de mantenimiento	0,30	0	0	0	0,00	0	0,00		0	0,00	
		CG4 Documentación técnica	0,29	0	0	0	0,00	0	0,00		0	0,00	
SUMA	0	0	0,06	0,1	0								
PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN	0,184	PP1 Inventario de bienes a mantener	0,13	0	0	0,35	0,05	0,7	0,09	1,67	1	0,13	2,39
		PP2 Plan implementado de mantenimiento preventivo	0,31	0	0	0,35	0,11	0	0,00		0	0,00	
		PP3 Programación de actividades de mantenimiento	0,22	0	0	0	0,00	0	0,00		0	0,00	
		PP4 Documentos de mantenimiento	0,10	0	0	0	0,00	0	0,00		0	0,00	
		PP5 Análisis de criticidad basado en riesgo	0,12	0	0	0,35	0,04	0	0,00		0	0,00	
		PP6 Herramienta informática para la gestión de mantenimiento	0,12	0	0	0	0,00	0	0,00		0	0,00	
SUMA	0	0	0,20	0,09	0								
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	0,097	MC1 Documentación y análisis de fallas efectos y consecuencias	0,67	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
		MC2 Priorización de atención de fallas	0,33	0	0	0	0,00	0	0,00		0	0,00	
SUMA	0	0	0,00	0,00	0								
MANEJO DE INVENTARIOS DE BODEGA PARA MANTENIMIENTO	0,086	MI1 Inventario valorado de ítems	0,37	0	0	0,35	0,13	0,7	0,26	3,53	1	0,37	5,04
		MI2 Gestión de stocks	0,41	0	0	0	0,00	0	0,00		0	0,00	
		MI3 Manejo de sub-bodegas	0,22	0	0	0,35	0,08	0,7	0,15		1	0,22	
SUMA	0	0	0,21	0,41	1								
VALORES EN PORCENTAJE DEL UMBRAL DEL DESEMPEÑO				0	17	29	28						

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 202

El 37% al ser evaluado con la escala que se presenta en la Figura 1-3, muestra que la gestión del mantenimiento de esta organización se encuentra en un nivel poco satisfactorio. En el gráfico 3-3 se visualiza de mejor manera los valores obtenidos.

Tabla 3-3: Desempeño obtenido por EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA

CUMPLIMIENTO	TABLA DE COMPARACIÓN	
	VALORES DE UMBRAL DE DESEMPEÑO	VALORES OBTENIDOS
DEFICIENTE	0%	0%
POCO SATISFACTORIO	35%	17%
CUASI SATISFACTORIO	70%	29%
SATISFACTORIO	96%	28%
DESEMPEÑO		37%

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

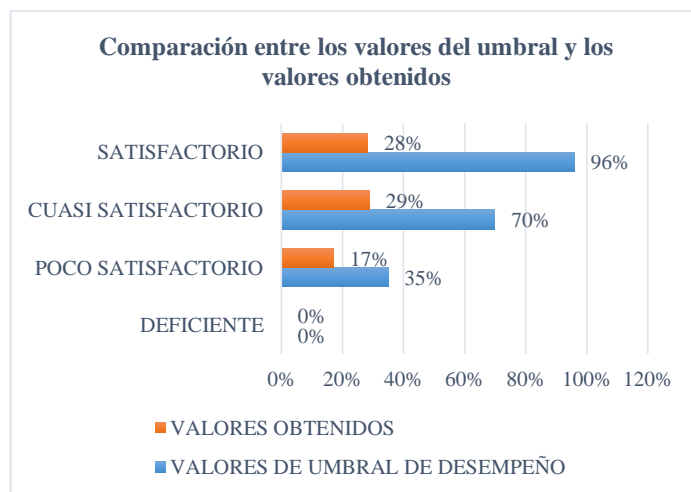


Gráfico 3-3: Desempeño obtenido en la empresa evaluada

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021



Figura 1-3: Niveles de desempeño

Fuente: Grupo de investigación

Realizado por: (Chang Mariela, 2019)

En la Tabla 4-3 se tabularon los valores que cada criterio de mantenimiento alcanzó en los diferentes niveles de referencia y se los representó en el Gráfico 4-3; donde los criterios de menor puntuación deberán ser tomados como puntos de mejora.

Tabla 4-3: Valores por criterio de evaluación

REQUISITOS		NIVEL EXIGIDO	DEFICIENTE	POCO SATISFACTORIO	CUASI SATISFACTORIO	SATISFACTORIO	DESEMPEÑO	VALORACIÓN PÉRDIDA
OM	Organización del mantenimiento	20,86%	0,00	7,30	14,60	20,86	20,86%	0,0%
RH	Recursos humanos de mantenimiento	16,79%	0,00	3,25	6,51	0,00	4,86%	11,9%
CG	Control de la gestión de mantenimiento	20,15%	0,00	1,30	2,60	0,00	1,94%	18,2%
PP	Planificación y programación del mantenimiento	18,41%	0,00	3,60	1,67	2,39	3,81%	14,6%
MC	Mantenimiento correctivo	9,67%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	9,7%
MI	Manejo de inventario de bodega para mantenimiento	8,56%	0,00	1,76	3,53	5,04	5,14%	3,4%
TOTAL							37%	

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

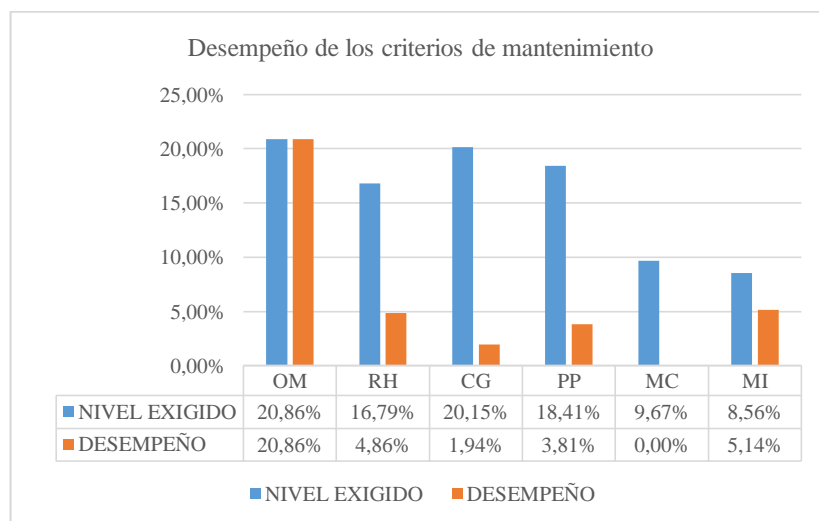


Gráfico 4-3: Desempeño de los criterios de mantenimiento

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

En el Gráfico 4-3 se visualiza los siete criterios evaluados con sus respectivos valores porcentuales tanto del nivel exigido como del desempeño logrado por la empresa evaluada, se observa que los criterios de recursos humanos de mantenimiento; control de la gestión de mantenimiento; planificación y programación del mantenimiento; mantenimiento correctivo y manejo de inventario para la bodega de mantenimiento obtuvieron las calificaciones más bajas de la evaluación siendo estas 4,86%, 1,94%, 3,81%, 0,00% y 5,14% respectivamente, debido a que la entidad no cumplió con las exigencias de los subcriterios ; esto significa que para incrementar el desempeño de la empresa evaluada se debe mejorar estos criterios.

3.2 Inventario técnico para mantenimiento

El primer aspecto a considerar para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo de la flota vehicular es la estructuración de un inventario técnico, el cual permita identificar y localizar a los equipos a mantener en su respectivo sistema, área y localización. Ante lo mencionado se realizó el reconocimiento del inventario disponible de la flota vehicular junto a los responsables de su mantenimiento; se evidenció una desactualización y además no presentaba una estructura jerárquica definida, por lo que identificaban a los automotores mediante sus placas. En la Tabla 6-3 y Tabla 7-3, se presenta el inventario de la flota vehicular disponible.

Para el presente trabajo se estructurará un inventario técnico para la flota vehicular siguiendo los lineamientos presentados en la norma ISO 14224.

3.2.1 Breve descripción de flota vehicular

La flota vehicular de la empresa está conformada por camionetas, camiones y maquinaria pesada que suman un total de 43 vehículos como se muestra en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Contabilización de clase de vehículos de estudio

FLOTA VEHICULAR	AUTOMOTORES	MARCA	CANTIDAD	TOTAL
VEHICULOS LIVIANOS	CAMIONETAS	CHEVROLET	1	3
		FORD	1	
		VOLKSWAGEN	1	
VEHICULOS PESADOS	CAMIONES	CHEVROLET	6	11
		HINO	1	
		JAC	4	
	CABEZAL	JAC	2	2
	VOLQUETA	JAC	3	3
	WINCHA	KENWORTH	2	2
MAQUINARIA PESADA	ELEVADOR	JLG INDUSTRIES	2	2
	EXCAVADORA HIDRÁULICA	CATERPILLAR	1	3
		DOOSAN	2	
	MONTACARGAS	CATERPILLAR	4	6
		KOMATSU	1	
		TOYOTA	1	
	CARGADORA FRONTAL	CATERPILLAR	3	3
	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	1	1
	RETROEXCAVADORA	CASE	1	4
		CATERPILLAR	3	
	RODILLO	CATERPILLAR	1	1
TELEHANDLER	CATERPILLAR	1	2	
	LULL	1		
TOTAL				43

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.
Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 6-3: Listado de vehículos livianos y pesados

ITEM	PLACA	CLASE	MARCA	TIPO	MOTOR	MODELO	COLOR	AÑO FAB.
1	PBU4040	CAMIÓN	CHEVROLET	CAJON -C	4JB1116145	NHR CHASIS CABINADO	BLANCO	2012
2	PBX9011	CAMIÓN	CHEVROLET	CAJON -C	4JB1171301	NLR E55 CHASIS CABINADO	BLANCO	2012
3	PBX9562	CAMIÓN	CHEVROLET	CAMIÓN	4JB1187326	NLR E55 CHASIS CABINADO	BLANCO	2012
4	PCB1409	CAMIÓN	CHEVROLET	CAJON -C	4JB1237677	NLR 55E CAMIÓN CHASIS CABINADO	BLANCO	2013
5	PCD3207	CAMIÓN	CHEVROLET	CAJON METAL	C4023572	HFC1035KD TM 2,77 2P 4X2	BLANCO	2013
6	PCD6825	CAMIÓN	JAC	CAJON METAL	C4023394	HFC1035KD TM 2,77 2P 4X2		2013
7	PCJ5978	CAMIÓN	J44AC	CAMIÓN -METAL	D4081155	HFC1035KD AC2,8 2P 4X2 TM DIESEL	BLANCO	2014
8	PCK1508	CAMIÓN	JAC	CAMIÓN -METAL	D4081257	HFC1035KD AC 2,8 2P 4X2 TM DIESEL	BLANCO	2014
9	PST0325	CAMIÓN	HINO	FURGON-C	W04DD27767	FB2WES10711	BLANCO	1997
10	QBA1189	CAMIÓN	JAC	CAJON METAL	C4055774	HFC1035KD AC 2,8 2P 4X2 TM DIESEL	BLANCO	2014
11	PDB3114	CAMIÓN	CHEVROLET	CAJON -C	746233	NHR CHASIS CABINADO		2014
12	PBR1277	CAMIONETA	FORD	DOBLE CABINA	WLAT1360103	RANGER DC 4X4 DIESEL	PLATEADO	2011
13	PCF1454	CAMIONETA	VOLKSWAGEN	DOBLE CABINA	3506	AMAROK TDI 2HBA44 AC 2.0 CD 4X4	DORADO	2013
14	TBE8355	CAMIONETA	CHEVROLET	DOBLE CABINA	4JJ1MH7131	8LBETF3N7F0289975	PLATEADO	2014
15	PBY4635	CABEZAL	JAC	CABEZAL-T	11116C12632	HFC4253K3R1	AMARILLO	2012
16	PBY4636	CABEZAL	JAC	CABEZAL-T	1116012630	HFC4253K3R1	BLANCO	2012
17	PCD7390	VOLQUETA	JAC	VOLQUETA	1112K015196	LJ18R5BL3D3300435	AMARILLO	2013
18	PCH7117	VOLQUETA	JAC	VOLQUETA	1113D004767	HFC4253K3R1 AC 11,6 2P 6X4 TM	BLANCO	2014
19	PCI2142	VOLQUETA	JAC	VOLQUETA	1113D004651	HFC4253K3R1 AC 11,6 2P 6X4 DIESEL	BLANCO	2014
20	NBE0388	WINCHA	KENWORTH		8VA374655K	K 100		1988
21	QBA0619	WINCHA	KENWORTH	WINCHA	92U46784	C500	NEGRO	1983

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 7-3: Listado de maquinaria pesada

ÍTEM	MARCA	CLASE	MODELO	SERIE	ESTADO	UBICACIÓN ACTUAL
1	DOOSAN	EXCAVADORA HIDRAULICA	DX225LCA	DHKCEBACLA0006191	OPERATIVA	MINA
2	CATERPILLAR	EXCAVADORA HIDRAULICA	320L	9KK03291	OPERATIVA	BARRIO RANCHO
4	CATERPILLAR	EXCAVADORA HIDRAULICA	320D	FAL08042	OPERATIVA	BASE km 12
5	JLG INDUSTRIES	ELEVADOR	400S	0300149990	OPERATIVA	PUENTE AV. ALEJANDRO LABACA
6	JLG INDUSTRIES	ELEVADOR	400S	0300137587	OPERATIVA	PUENTE AV. ALEJANDRO LABACA
7	LULL	TELEHANDLER	1044C	1044C-54 SERIES II	OPERATIVA	PUENTE AV. ALEJANDRO LABACA
8	CATERPILLAR	TELEHANDLER	TL1255	TBN01001	OPERATIVA	BASE TRIPOINT
9	CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	416C	4ZN06281	OPERATIVA	COCA
11	CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420D	CAT0420DAFDP05035	OPERATIVA	BASE km12 (ÁREA LATERAL DE BODEGA)
12	CASE	RETROEXCAVADORA	5802R-4PT	N4GH01573	OPERATIVA	BASE TIW km 7
13	CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	428B	7EJ07984	OPERATIVA	BASE km 12 (MECÁNICA)
14	CATERPILLAR	MONTACARGAS	DP70	9CJP00772	OPERATIVA	BASE km 12 (MECÁNICA, REPARANDO)
15	CATERPILLAR	MONTACARGAS	DP100	3DP10439	OPERATIVA	BASE km 12
16	CATERPILLAR	MONTACARGAS	FD40	AF19B00503	OPERATIVA	BASE TRIPOINT
17	KOMATSU	MONTACARGAS	FD70-10	55883	OPERATIVA	BASE 12 (BODEGA)
18	TOYOTA	MONTACARGAS	169	02-5FD30	OPERATIVA	BASE km 12 (ÁREA SOLDADURA)
20	CATERPILLAR	CARGADORA FRONTAL	966G	VAWY0331	OPERATIVA	BASE HP km 7
22	CATERPILLAR	MONTACARGAS	DP100	3DP10209	OPERATIVA	BASE TIW km 7
23	CATERPILLAR	CARGADORA FRONTAL	966D	99Y05014	OPERATIVA	BASE HP CENTRO
24	CATERPILLAR	CARGADORA FRONTAL	966H	CAT0966HVA6D01721	OPERATIVA	BASE HP CENTRO
28	CATERPILLAR	RODILLO	C5-533 E	N/A	OPERATIVA	BASE HP km 7
29	CATERPILLAR	MOTONIVELADORA	140G	72V16818	OPERATIVA	BASE HP km 7

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

3.2.1 *Inventario jerárquico*

Con base en los criterios de jerarquización extraídos de la Norma ISO 14224 presentados en el marco teórico; y a la recomendación dada para la elaboración de un inventario técnico para mantenimiento, se decidió elaborar el listado de equipos a mantener conforme a la estructura que muestra la Figura 2-3.

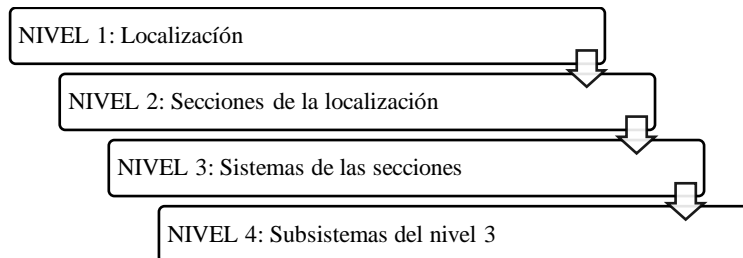


Figura 2-3: Estructura jerárquica aplicada para inventario

Fuente: (adaptado de la norma ISO 14224)

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

De acuerdo con el esquema de la Figura 2-3, el inventario jerárquico se desarrolló de la siguiente manera:

Nivel 1- Localización: se indicó el nombre de la empresa

- EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA

Nivel 2-Secciones: se enlistó todas las secciones de la empresa, y se destacó el nombre específico de la sección de estudio que es “Flota vehicular”.

- Refrigeración
- Mecánica
- Soldadura
- Generación
- Administrativa
- Carpintería
- Tanques
- Campers
- Eléctrica
- Servicios generales
- **Flota vehicular**

Nivel 3- Sistemas: en este caso se tomó como sistemas a todos los automotores que conforman la flota vehicular como: camionetas, camiones, volquetas, montacargas etc.; en éstos se identificarán a los subsistemas que más requieren de mantenimiento.

Nivel 4- Subsistemas: se enumeró subsistemas, más relevantes del nivel tres, esto se realizó con el apoyo del personal encargado del mantenimiento de la flota vehicular. En la Tabla 8-3 se muestra la estructura jerárquica definida para el inventario técnico.

Tabla 8-3: Estructura jerárquica para inventario

Localización: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA	
Sección: Flota vehicular	
Sistemas	Subsistemas
camioneta	Motor de combustión interna
	Transmisión de potencia
	Chasis y carrocería
	Sistema eléctrico
	Sistema de frenos
	Sistema de suspensión
	Sistema de dirección
Excavadora hidráulica	Motor de combustión interna
	Sistema hidráulico
	Transmisión de potencia
	Sistema eléctrico
	Herramientas de trabajo
	Sistema de frenos y dirección
	Swing
	Tren de rodaje
Habitáculo y bastidor	

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

En el anexo B se detalla el inventario jerárquico de la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

3.2.2 Codificación

Realizado el inventario jerárquico de los subsistemas y sistemas de la flota vehicular se procedió a codificarlos. Esto se realizó siguiendo la explicación realizada en la literatura, de modo que la codificación obtenida fue la siguiente:

Nivel 1- 3R: describe a “EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.”, este es un código alfanumérico de 2 dígitos.

Nivel 2- FV: “Flota Vehicular”, código alfabético de dos dígitos, que se refiere a la sección en estudio de la empresa mencionada.

Nivel 3: en este nivel que es el de sistema, se utilizó códigos alfanuméricos de cuatro dígitos, dos alfabéticos que describen a los vehículos livianos, pesados y maquinaria (camioneta, camión, montacargas etc.) y dos numéricos debido a la adquisición futura de más vehículos.

En la Tabla 9-3 se muestra la codificación obtenida para el nivel uno, dos y tres del inventario.

Tabla 9-3: Codificación del nivel 1,2 y3

CÓDIGO			DESCRIPCIÓN
NIVEL 01	NIVEL 02	NIVEL 03	
3R			EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.
3R	FV		FLOTA VEHICULAR DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.
3R	FV	CT 01	CAMIONETA DOBLE CABINA CHEVROLET 01
3R	FV	CM 01	CAMIÓN CHEVROLET HFC1035KD 01
3R	FV	EH 01	EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

En el anexo B, se muestra la codificación completa de todos los niveles jerárquicos del inventario.

Nivel 4: la codificación de este nivel que corresponde a los subsistemas de cada vehículo liviano, pesado y maquinaria, se realizó conforme a una lista de códigos clasificados según la familia y tipo, esto se detalla en la Tabla 10-3.

Tabla 10-3: Códigos de familia y tipos de equipos

SUBSISTEMAS DE VEHÍCULOS LIVIANOS, PESADOS Y MAQUINARIA			
FAMILIA	CÓD.		TIPO
Automotor	A	MC	Motor de combustión interna
	A	TR	Trasmisión de potencia
	A	CC	Chasis y carrocería
	A	SE	Sistema eléctrico
	A	FR	Sistema de frenos
	A	SU	Sistema de suspensión
	A	DR	Sistema de dirección
	A	SH	Sistema hidráulico
	A	SV	Sistema de volteo
	A	CB	Habitáculo y bastidor
	A	SN	Sistema vibratorio
	A	HT	Herramienta de trabajo
	A	TN	Tren de rodaje
A	SW	Swing	

Fuente: SISMAC

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Identificado la familia y tipo subsistema, en la Tabla 11-3 se detalla la codificación correspondiente al nivel uno, dos, tres y cuatro.

Tabla 11-3: Codificación del nivel 1, 2, 3 y 4

CÓDIGO				DESCRIPCIÓN
NIV 01	NIV 02	NIV 03	NIV 04	
3R	FV	CT01		CAMIONETA DOBLE CABINA CHEVROLET 01
3R	FV	CT01	AMC01	Motor de combustión interna 01
3R	FV	CT01	ATR01	Transmisión de potencia 01
3R	FV	CT01	ACC01	Chasis y carrocería 01
3R	FV	CT01	ASE01	Sistema eléctrico 01
3R	FV	CT01	AFR01	Sistema de frenos 01
3R	FV	CT01	ASU01	Sistema de suspensión 01
3R	FV	CT01	ADR01	Sistema de dirección 01
3R	FV	CM01		CAMIÓN CHEVROLET HFC1035KD 01
3R	FV	CM01	AMC01	Motor de combustión interna 01
3R	FV	CM01	ATR01	Transmisión de potencia 01
3R	FV	CM01	ACC01	Chasis y carrocería 01
3R	FV	CM01	ASE01	Sistema eléctrico 01
3R	FV	CM01	AFR01	Sistema de frenos 01
3R	FV	CM01	ASU01	Sistema de suspensión 01
3R	FV	CM01	ADR01	Sistema de dirección 01
3R	FV	EH 01		EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01
3R	FV	EH 01	AMC01	Motor de combustión interna 01
3R	FV	EH 01	ASH01	Sistema hidráulico 01
3R	FV	EH 01	ASE01	Sistema eléctrico 01
3R	FV	EH 01	MTA01	Cabina y herramientas 01
3R	FV	EH 01	AFR01	Sistema de frenos y dirección 01
3R	FV	EH 01	ASW01	Swing 01
3R	FV	EH 01	ATN01	Tren de rodaje 01
3R	FV	EH 01	ACB01	Habitáculo y bastidor 01

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021


En el anexo B, se muestra la codificación completa de todos los niveles jerárquicos del inventario.

3.2.3 *Fichas técnicas*

Del inventario técnico de la flota vehicular, se obtuvo un listado jerarquizado y codificado de todos los activos a mantener, permitiendo elaborar fichas técnicas de los mismos. Para esto se diseñó modelos de fichas técnicas a nivel de sistema, en base a los campos de información sugeridos en la literatura.

Las tablas 12-3 y 13-3 muestran las fichas técnicas elaboradas para el camión Chevrolet NLR E55 03 y excavadora hidráulica 320D 01 respectivamente.

Tabla 12-3: Ficha técnica de camión Chevrolet NLR E55 03

FICHA TÉCNICA			
SISTEMA: CAMIÓN CHEVROLET NLR E55 03		CÓDIGO:	CM03
DATOS GENERALES			
Marca	CHEVROLET		
Modelo	NLR 55E CAMIÓN CHASIS CABINADO		
Placa	PBX9011		
Tipo de vehículo	CAMIÓN		
Fabricante	CHEVROLET		
Número de motor	4JB1171301		
Número de chasis	JAANLR55EC7102134		
Fecha de fabricación	2012		
Criticidad	MEDIA CRITICIDAD		
			
DATOS ESPECÍFICOS			
Largo (m): 4.805	Alto (m): 2.15	Ancho (m): 1.815	Peso (Tn): 2.8
Combustible: Diésel			
DATOS TÉCNICOS			
Motor: Isuzu 4JB1-TC TURBO INTERCOOLER	Potencia (HP): 91	Torque (kg.m): 20	Cilindraje: 2771
Nº cilindros: 4 en línea	Batería: 95D31L	Alternador: 12V 50A	Tanque de combustible (gal): 19.8129
DATOS DE OPERACIÓN			
Nº marchas: T/M 5 velocidades + 1 reversa	Tipo de dirección: hidráulica		
Capacidad de carga (Tn): 2.84	Sistema de freno: hidráulico		
Pasajeros: 2	Tipo de tracción: 4x2		
Neumáticos: 7.0R15"	Tipo de suspensión: ballesta en eje rígido		

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 13-3: Ficha técnica de excavadora hidráulica 320D 01

FICHA TÉCNICA			
SISTEMA: EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 320D 01		CÓDIGO:	EH01
DATOS GENERALES			
Marca	CATERPILLAR		
Modelo	320D		
Serie	FAL08042		
Tipo de vehículo	EXCAVADORA HIDRÁULICA		
Fabricante	CATERPILLAR		
Número de motor			
Fecha de fabricación			
Criticidad	MEDIA CRITICIDAD		
			
DATOS ESPECÍFICOS			
Largo (m): 9,44	Alto (m): 3,74	Ancho (m): 2,80	Peso (Tn): 20,33
Ancho de vía: 2,2	Combustible: Diésel		
DATOS TÉCNICOS			
Motor: Caterpillar 3066 ATAAC	Potencia (HP): 140	RPM: 1800	Cilindraje (cc): 6400
Nº cilindros: 6	Batería: 2 de 12 V	Tanque de combustible (gal): 108,31	
DATOS DE OPERACIÓN			
Velocidad máxima de transporte km/h: 5,5	Tren-zapatas: zapatas de garra triple		
Herramienta de trabajo: Cucharón HD (servicio pesado)	Tamaño de zapata (m): 6,00		
Capacidad de herramienta de trabajo (m³): 0,86	Nº zapatas: 49		
Velocidad de swing (rpm): 11,5	Nº marchas: 8 (4 hacia adelante y 4 hacia atrás)		

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

En el anexo C se hallan contenidas todas las fichas técnicas de los demás activos analizados.

3.3 Análisis de criticidad de la flota vehicular

Para identificar a los vehículos y maquinaria que se les dará prioridad, se realizó un análisis de criticidad; para este fin se utilizó el modelo CTR (Criticidad Total por Riesgo), que es una metodología sencilla y de fácil manejo, la cual se encuentra detallada en la literatura.

En este modelo para obtener el valor total de criticidad se multiplica la frecuencia del fallo y el valor de su consecuencia mediante la ecuación 3-2, que se halla en la literatura. Para evaluar el impacto del fallo, se seleccionó criterios y su respectiva cuantificación de la Tabla 6-2; de esta se extrajo los criterios y calificaciones de frecuencia de fallos, impacto y flexibilidad operacional, mientras que el factor de costo de mantenimiento y el de impacto en la seguridad ambiente e higiene fueron modificados. En el primer caso se estimó un valor de 1500,00 en base al mayor costo de mantenimiento incurrido dentro del departamento de mecánica; para el impacto en la seguridad, ambiente e higiene se añadió otro criterio (afecta levemente al ambiente y seguridad) y se configuró la escala de calificación donde el mayor valor de puntuación es diez debido a los eminentes riesgos que representan los automotores de la flota vehicular principalmente para la seguridad (Ver Tabla 14-3).

Tabla 14-3: Criterios para determinar la criticidad de los sistemas de la flota vehicular

FRECUENCIA DE FALLOS	CALIFICACIÓN
Mayor a 4 fallas/año	4
3 fallas/año	3
2 fallas/año	2
Mínimo 1 falla/año	1
IMPACTO OPERACIONAL	CALIFICACION
Afecta gravemente el cumplimiento del servicio al cliente	10
Afecta moderadamente el cumplimiento del servicio al cliente	8
No afecta la calidad del servicio al cliente	6
Repercute en los costos operacionales	3
No genera ningún efecto significativo	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	CALIFICACION
No existe opción igual o similar de reemplazo.	4
Existe opción de reemplazo compartido	3
Existe opción igual o similar de reemplazo	2
COSTO DE MANTENIMIENTO	CALIFICACIÓN
Mayor a \$ 1500,00	2
Inferior a \$ 1500,00	1
IMPACTO EN LA SEGURIDAD AMBIENTE, HIGIENE	CALIFICACIÓN
Afecta a la seguridad humana externa e interna	10
Afecta al ambiente produciendo daños severos	8
Afecta levemente al ambiente y seguridad	6
Provoca daños menores al ambiente y seguridad	4
No provoca ningún tipo de riesgo	2

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Las calificaciones de los criterios de la Tabla 14-3 (excepto frecuencias de fallo) fueron obtenidas de los responsables del mantenimiento de la flota vehicular.

En el caso de frecuencia de fallo los encargados del mantenimiento de los vehículos y maquinaria de la empresa 3R llevan algunos registros físicos de mantenimientos preventivos y correctivos que ejecutan, de donde se tomó el número de fallos (Ver Tabla 15-3).

Tabla 15-3: Frecuencia de fallos

CÓD.	DESCRIPCIÓN	# FALLOS
CM01	CAMIÓN CHEVROLET HFC1035KD 01	3
CM02	CAMIÓN CHEVROLET NHR 02	3
CM03	CAMIÓN CHEVROLET NLR E55 03	3
CM04	CAMIÓN CHEVROLET NLR E55 04	3
CM05	CAMIÓN CHEVROLET NHR 05	2
CM06	CAMIÓN CHEVROLET NLR E55 06	4
CM07	CAMIÓN HINO FB2WES10711 07	3
CM08	CAMIÓN JAC HFC1035KD 08	3
CM09	CAMIÓN JAC HFC1035KD 09	3
CM10	CAMIÓN JAC HFC1035KD 10	3
CM11	CAMIÓN JAC HFC1035KD 11	3
CT01	CAMIONETA DOBLE CABINA CHEVROLET 01	2
CT02	CAMIONETA DOBLE CABINA FORD RANGER 02	3
CT03	CAMIONETA DOBLE CABINA VOLKSWAGEN 03	1
TR01	CABEZAL JAC HFC4253K3R1 01	2
TR02	CABEZAL JAC HFC4253K3R1 02	2
VO01	VOLQUETA JAC HFC1035KD 01	2
VO02	VOLQUETA JAC HFC1035KD 02	2
VO03	VOLQUETA JAC HFC1035KD 03	2
WC01	WINCHA KENWORTH C500 01	2
WC02	WINCHA KENWORTH K 100 02	2
EH01	EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 320D	2
EH02	EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 320L	2
EH03	EXCAVADORA HIDRÁULICA DOOSAN DX225LCA	2
EV01	ELEVADOR JLG INDUSTRIES 400S	1
EV02	ELEVADOR JLG INDUSTRIES 400S	1
CF01	CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR 966D	2
CF02	CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR 966G	2
CF03	CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR 966H	2
MT04	MONTACARGAS CATERPILLAR DP100	3
MT05	MONTACARGAS CATERPILLAR DP100	3
MT06	MONTACARGAS CATERPILLAR DP70	3
MT07	MONTACARGAS CATERPILLAR FD40	2
MT08	MONTACARGAS KOMATSU FD70-10	2
MT09	MONTACARGAS TOYOTA 169	1
MV01	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 140G	1
RD01	RODILLO CATERPILLAR C5-533 E	1
RT01	RETROEXCAVADORA CASE 5802R-4PT	2
RT02	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416C	2
RT03	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 420D	2
RT04	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 428B	2
TH01	TELEHANDLER CATERPILLAR TL1255	2
TH02	TELEHANDLER LULL 1044C	2

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Obtenida y determinada la información necesaria para la realización del análisis de criticidad, en la Tabla 16-3 se muestra el cálculo de criticidad del camión Chevrolet NLR E55 03 y la excavadora hidráulica Caterpillar 320D 01.

Tabla 16-3: Cálculo de criticidad de camión Chevrolet NLR E55 03

CÁLCULO	MATRIZ DE CRITICIDAD																																						
Código: CM03	Descripción: CAMIÓN CHEVROLET NLR E55 03																																						
Frecuencia de Fallo: 3 Impacto Operacional: 3 Flexibilidad Operacional: 2 Costos de Mantenimiento: 1 Seguridad, Higiene, Ambiente: 4 Consecuencia =Imp.Op*Flex.Op+Cost.Mtto+Imp.SHA Consecuencia= 3*2+1+4=11 Criticidad Total=Frecuencia*Consecuencia Criticidad Total=3*11=33	<table border="1"> <tr> <td rowspan="5" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Frecuencia de fallo</td> <td>4</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>NC</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>NC</td> <td>NC</td> <td>NC</td> <td>MC</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>12</td> <td>23</td> <td>34</td> <td>45</td> <td>56</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Consecuencia</p> <table border="1"> <tr> <td>C</td> <td>Critico</td> </tr> <tr> <td>MC</td> <td>Media Criticidad</td> </tr> <tr> <td>NC</td> <td>No Crítico</td> </tr> </table>	Frecuencia de fallo	4	MC	MC	C	C	C	3	MC	MC	MC	C	C	2	NC	MC	MC	MC	C	1	NC	NC	NC	MC	C			12	23	34	45	56	C	Critico	MC	Media Criticidad	NC	No Crítico
Frecuencia de fallo	4		MC	MC	C	C	C																																
	3		MC	MC	MC	C	C																																
	2		NC	MC	MC	MC	C																																
	1		NC	NC	NC	MC	C																																
			12	23	34	45	56																																
C	Critico																																						
MC	Media Criticidad																																						
NC	No Crítico																																						
Código: EH01	Descripción: EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 320D 01																																						
Frecuencia de Fallo: 2 Impacto Operacional: 3 Flexibilidad Operacional: 2 Costos de Mantenimiento: 2 Seguridad, Higiene, Ambiente: 6 Consecuencia =Imp.Op*Flex.Op+Cost.Mtto+Imp.SHA Consecuencia= 3*2+2+6=14 Criticidad Total=Frecuencia*Consecuencia Criticidad Total=2*14=28	<table border="1"> <tr> <td rowspan="5" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Frecuencia de fallo</td> <td>4</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>MC</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>NC</td> <td>NC</td> <td>NC</td> <td>MC</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>12</td> <td>23</td> <td>34</td> <td>45</td> <td>56</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Consecuencia</p> <table border="1"> <tr> <td>C</td> <td>Critico</td> </tr> <tr> <td>MC</td> <td>Media Criticidad</td> </tr> <tr> <td>NC</td> <td>No Crítico</td> </tr> </table>	Frecuencia de fallo	4	MC	MC	C	C	C	3	MC	MC	MC	C	C	2		MC	MC	MC	C	1	NC	NC	NC	MC	C			12	23	34	45	56	C	Critico	MC	Media Criticidad	NC	No Crítico
Frecuencia de fallo	4		MC	MC	C	C	C																																
	3		MC	MC	MC	C	C																																
	2			MC	MC	MC	C																																
	1		NC	NC	NC	MC	C																																
			12	23	34	45	56																																
C	Critico																																						
MC	Media Criticidad																																						
NC	No Crítico																																						

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

En el anexo D se detalla, el cálculo de criticidad de los demás activos analizados.

Mediante la aplicación del modelo CTR, se calculó la criticidad de todos los vehículos livianos, pesados y maquinaria de la empresa en estudio, en la Tabla 17-3 se detallan los resultados obtenidos.

De los valores obtenidos en la Tabla 17-3, se ha determinado que la Wincha Kenworth C500 01 y Wincha Kenworth K 100 02 resultan ser los vehículos más críticos de la flota vehicular, pues estos son los responsables que el servicio al que más se dedica actualmente EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. (renta de campers) se lleve a cabo. Es importante mencionar que estos vehículos son los que tienen más antigüedad en la empresa, por lo que su levantamiento de información fue complejo ante la falta de información.

Tabla 17-3: Resultados del análisis de criticidad de la flota vehicular

CÓD.	DESCRIPCIÓN		CRITICIDAD
CM01	CAMIÓN CHEVROLET HFC1035KD 01	33	MEDIA CRITICIDAD
CM02	CAMIÓN CHEVROLET NHR 02	33	MEDIA CRITICIDAD
CM03	CAMIÓN CHEVROLET NLR E55 03	33	MEDIA CRITICIDAD
CM04	CAMIÓN CHEVROLET NLR E55 04	33	MEDIA CRITICIDAD
CM05	CAMIÓN CHEVROLET NHR 05	24	NO CRÍTICO
CM06	CAMIÓN CHEVROLET NLR E55 06	44	MEDIA CRITICIDAD
CM07	CAMIÓN HINO FB2WES10711 07	33	MEDIA CRITICIDAD
CM08	CAMIÓN JAC HFC1035KD 08	33	MEDIA CRITICIDAD
CM09	CAMIÓN JAC HFC1035KD 09	33	MEDIA CRITICIDAD
CM10	CAMIÓN JAC HFC1035KD 10	33	MEDIA CRITICIDAD
CM11	CAMIÓN JAC HFC1035KD 11	33	MEDIA CRITICIDAD
CT01	CAMIONETA DOBLE CABINA CHEVROLET 01	36	MEDIA CRITICIDAD
CT02	CAMIONETA DOBLE CABINA FORD RANGER 02	51	MEDIA CRITICIDAD
CT03	CAMIONETA DOBLE CABINA VOLKSWAGEN 03	17	NO CRÍTICO
TR01	CABEZAL JAC HFC4253K3R1 01	46	MEDIA CRITICIDAD
TR02	CABEZAL JAC HFC4253K3R1 02	46	MEDIA CRITICIDAD
VO01	VOLQUETA JAC HFC1035KD 01	28	MEDIA CRITICIDAD
VO02	VOLQUETA JAC HFC1035KD 02	34	MEDIA CRITICIDAD
VO03	VOLQUETA JAC HFC1035KD 03	34	MEDIA CRITICIDAD
WC01	WINCHA KENWORTH C500 01	90	CRÍTICO
WC02	WINCHA KENWORTH K 100 02	90	CRÍTICO
EH01	EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 320D	28	MEDIA CRITICIDAD
EH02	EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 320L	62	MEDIA CRITICIDAD
EH03	EXCAVADORA HIDRÁULICA DOOSAN DX225LCA	32	MEDIA CRITICIDAD
EV01	ELEVADOR JLG INDUSTRIES 400S	16	NO CRÍTICO
EV02	ELEVADOR JLG INDUSTRIES 400S	16	NO CRÍTICO
CF01	CARGADORA FRONTAL CATERPILLAR 966D	28	MEDIA CRITICIDAD
CF02	CARGADORA FRONTAL CATERPILLAR 966G	26	MEDIA CRITICIDAD
CF03	CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR 966H	28	MEDIA CRITICIDAD
MT04	MONTACARGAS CATERPILLAR DP100	69	MEDIA CRITICIDAD
MT05	MONTACARGAS CATERPILLAR DP100	69	MEDIA CRITICIDAD
MT06	MONTACARGAS CATERPILLAR DP70	72	MEDIA CRITICIDAD
MT07	MONTACARGAS CATERPILLAR FD40	26	MEDIA CRITICIDAD
MT08	MONTACARGAS KOMATSU FD70-10	26	MEDIA CRITICIDAD
MT09	MONTACARGAS TOYOTA 169	8	NO CRÍTICO
MV01	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 140G	19	NO CRÍTICO
RD01	RODILLO CATERPILLAR C5-533 E	19	NO CRÍTICO
RT01	RETROEXCAVADORA CASE 5802R-4PT	46	MEDIA CRITICIDAD
RT02	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416C	26	MEDIA CRITICIDAD
RT03	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 420D	26	MEDIA CRITICIDAD
RT04	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 428B	26	MEDIA CRITICIDAD
TH01	TELEHANDLER CATERPILLAR TL1255	32	MEDIA CRITICIDAD
TH02	TELEHANDLER LULL 1044C	32	MEDIA CRITICIDAD

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

3.4 Aplicación de la metodología del RCM.

3.4.1 Contexto operacional y Hoja de Información del RCM

Detallar correctamente el contexto operacional de los vehículos livianos, pesados y maquinaria constituye un aspecto primordial para la aplicación del RCM, que permitirá conocer los principales parámetros de desempeño y funcionamiento de cada activo analizado.

Para detallar adecuadamente los contextos operacionales de los activos analizados, se elaboró un formato en el cual se seleccionó criterios y características de desempeño como: especificaciones técnicas y de operación, funcionamiento, aspectos climáticos, proceso y operación, redundancia, afectaciones ambientales y riesgos a la seguridad bajo las cuales operan éstos. Lo mencionado se presenta en las tablas 18-3 y 19-3.

Tabla 18-3: Contexto operacional del camión Chevrolet NLR E55

RESUMEN OPERATIVO		
Localización: Base Km 12		Área: Refrigeración. .
Nombre del sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 03		Código: CM03
Subsistemas: Motor de combustión interna, transmisión de potencia, chasis y carrocería, sistema eléctrico, sistema de frenos, sistema de suspensión, sistema de dirección.		
		
Especificaciones técnicas y de operación	Número motor: 4JB1171301	Capacidad de carga (Tn): 2,84
	Número de cilindros: 4 en línea.	Número de ejes:
	Cilindraje (cc): 2771	Tipo de tracción: 4X2
	Potencia (HP): 91	Tipo de frenado: Hidráulica
	Torque (Kg.m): 20	Tipo de suspensión: ballesta en eje rígido
	Número de marchas: Manual 5 velocidades + 1 reversa	Pasajeros: 2.
	Combustible: diésel.	Neumáticos: 7.0R15
	Serie de Chasis:	JAANLR55EC7102134
Funcionamiento	Vehículo liviano 4X2 de 12 v que posee un motor de combustión interna: Isuzu 4JB1-TC TURBO INTERCOOLER de 91Hp con 4 cilindros en línea y un cilindraje total de 2771 cc que genera una fuerza resultante que es llevada por un mecanismo de transmisión hacia las ruedas motrices para hacerlas girar, su tipo de dirección es hidráulica cuenta con un sistema de freno hidráulico, posee un tipo de suspensión de ballesta en eje rígido, cuenta con una capacidad de carga de 2,84Tn	
Aspectos climáticos	El vehículo realiza trabajos en exteriores donde se encuentra principalmente expuesto a las condiciones del tiempo (exposición a la lluvia y sol).	
Proceso y operación	Camión utilizado para transportar personal del área de refrigeración dentro y fuera de la empresa, o de cargas relativamente livianas como herramientas y equipos necesarios para realizar tareas de mantenimiento a los equipos de aires acondicionados que posee la empresa para su posterior utilidad en los campers que serán alquilados, su recorrido es en vías asfaltadas o lastradas de la ciudad, trabaja 3 horas diarias, una hora de inactividad le cuesta a la empresa \$25	
Redundancia	Existen 10 CAMIONES con las mismas capacidades para el reemplazo de esta.	
Afectaciones medioambientales	No tiene afectaciones graves medioambientales.	
Riesgos a la seguridad	Las situaciones de mayor riesgo que ocasionen lesiones fatales son: <ul style="list-style-type: none"> • Atropello de personas (entrada, salida, etc.). • Trabajos de mantenimiento sin los bloqueos físicos pertinentes. • Atrapamientos y quemaduras en tareas de mantenimiento. 	

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 19-3: Contexto operacional de excavadora hidráulica 320D 01

RESUMEN OPERATIVO		
Localización: Base Km 12	Área:	
Nombre del sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 320D 01	Código: EH01	
Subsistemas: Motor de combustión interna, sistema hidráulico, sistema eléctrico, cabina y herramientas, sistema de frenos y dirección, swing, tren de rodaje, habitáculo y bastidor.		
		
Especificaciones técnicas y de operación	Modelo: 320D	Velocidad máxima de transporte km/h: 5,5
	Número de cilindros: 6 en línea.	Herramienta de trabajo: Cucharón HD (servicio pesado)
	Cilindraje (cc): 6400	Capacidad de herramienta de trabajo (m ³): 0,86
	Potencia (HP): 140	Velocidad de swing (rpm): 11,5
	RPM: 1800	Tren-zapatas: zapatas de garra triple
	Combustible: diésel.	Nº marchas: 8 (4 hacia adelante y 4 hacia atrás)
	Serie: FAL08042	Pasajeros: 1.
Funcionamiento	Maquinaria pesada 24 V que a través del motor de combustión interna a diésel Caterpillar 3066 ATAAC de 140 HP con 6 cilindros en línea y un cilindraje total de 6400cc genera una fuerza resultante que por medio de un mecanismo de transmisión hace que se accione las bombas principales y el convertidor par, mandan presión hidráulica a los mandos finales, cilindros de levante, implementos y accesorios de trabajo de la máquina. Tiene la capacidad de girar 360° sobre su propio eje con una velocidad de swing de 11,5 rpm, por lo que son ideales en procesos de excavación en la que eleva, gira y descarga material por la acción de una cuchara fijada al conjunto de pluma y balancín.	
Aspectos climáticos	La maquinaria realiza trabajos en exteriores donde se encuentra principalmente expuesto a las condiciones del tiempo (exposición a la lluvia y sol) y polvos provenientes de las actividades que se realizan en la mina.	
Proceso y operación	La excavadora es utilizada para realizar trabajos de cortes de terreno y eliminación de desmonte en la base del km 12 vía Lago Agrio. Esta máquina trabaja 8 horas diarias, una hora de inactividad le cuesta a la empresa \$105.	
Redundancia	Existen 2 excavadoras hidráulicas con las mismas capacidades para remplazar la actividad que realiza esta.	
Afectaciones medioambientales	No tiene afectaciones graves medioambientales	
Riesgos a la seguridad	Dentro de los riesgos asociados con la excavadora se tienen: <ul style="list-style-type: none"> • Contacto con líneas eléctricas colgantes. • Caída a diferentes niveles. • Los derivados de operaciones de mantenimiento (quemaduras, atrapamientos, etc.) • Exposición a riesgos químicos como el polvo y agentes físicos como los ruidos y vibraciones. 	

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

El desarrollo del contexto operacional de los demás activos se halla contenido en el anexo E.

3.4.2 Hoja de información del RCM

Es el primer documento central de la aplicación de la metodología del RCM, que permite analizar información respecto a funciones, fallas funcionales, modos de fallo, efectos y consecuencias ante la ocurrencia de fallos, de ahí la importancia en detallar correctamente el contexto operacional de los activos a mantener pues de esto se obtendrá una fuente de consulta.

En la literatura se describió los elementos, consideraciones y el formato de la hoja de información del RCM, aspectos guía para el llenado de este documento, el cual fue aplicado a cada vehículo y maquinaria de la flota estudiada.

Para el llenado de la hoja de información del RCM, se definió el nivel de análisis, en este caso se efectuó a nivel de subsistema, es decir por cada subsistema inventariado de acuerdo al activo físico analizado se elaboró un AMFE; donde todas las funciones fueron descritas en base a un verbo en infinitivo, un objeto y estándar de funcionamiento; y los modos de fallo fueron definidos mediante un pronombre y verbo.

Se prestó mayor énfasis en la descripción del efecto de modo de fallo pues este se lo debe hacer de forma que no se estuviera haciendo nada para evitarlo. Por ello en la Figura 5-2 que se halla en la teoría se listó ciertas características a contemplar para describir estos efectos como:

- Evidencia,
- Afectación para la seguridad humana y ambiente,
- Manera que impacta en la producción/servicio (en lo posible cuantitativo),
- Daños físicos.

La descripción de los efectos de fallo servirá para evaluar consecuencias de ahí la importancia de su correcta descripción.

El análisis de modo de fallo y efecto (AMFE) realizado para camión Chevrolet NLR E55 se detalla en las tablas 20-3 hasta la 26-3, mientras que para la excavadora hidráulica Caterpillar 320D 01 se halla en las tablas 27-3 hasta la 36-3.

Las hojas de información del RCM de los demás activos a mantener se hallan contenidos en el anexo F.

Tabla 20-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 03 (motor de combustión interna)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular		Sistema N°:CM03		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03		Subsistema N°: Motor de combustión interna 01		Auditor:		Fecha: 20-02-2021		De 3	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Entregar la potencia mecánica necesaria para generar no menos de 104 hp a 3200rpm.	A	Incapaz de entregar la potencia mecánica necesaria para girar el motor.	1	Inyectores obstruidos por suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la potencia. Emisión de humos negros. No tiene ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Limpieza de inyectores. El tiempo de parada: 1 hora. Costo de la limpieza de inyectores: \$40 				Operacional	
				2	Fuga de compresión en válvulas de admisión y escape por desgaste.	<ul style="list-style-type: none"> Ruidos anormales. Pérdida de potencia. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Calibración de las válvulas. El tiempo de parada: 2 horas. Costo de la calibración de válvulas: \$100. 				Operacional	
				3	Filtros de aire obstruido por suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> El motor no arranca fácilmente. Vibraciones excesivas. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de filtro de aire. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del cambio de filtro de aire: \$25 				Operacional	
				4	Bases del motor agrietadas por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> Vibraciones excesivas. Ruidos anormales. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de bases de motor. El tiempo de parada: 2 horas. Costo del cambio de bases del motor: \$100 				Operacional	
2	Mantener la temperatura de motor por debajo de 90° C.	A	Incapaz de mantener la temperatura de motor por debajo de 90° C.	1	Líquido refrigerante recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> Sube bruscamente el marcador de temperatura. Llenado de refrigerante. Existe afectaciones a la seguridad y medio ambiente. Cambio de líquido refrigerante. El tiempo de parada: 30 minutos. Costo del cambio del líquido refrigerante: \$30 				Operacional	

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 20-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 03 (motor de combustión interna)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular		Sistema N°: CM03		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 2	
		Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03		Subsistema N°: Motor de combustión interna 01		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De 3	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
				2	Mangueras rotas del radiador por exceso de presión.	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de vapores. • Pérdida de refrigerante. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de mangueras. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo del cambio de mangueras: \$25 					Operacional
				3	Bomba de agua desgastada por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Sube el marcador de temperatura. • Consumo de refrigerante. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de bomba de agua. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del cambio de la bomba de agua: \$50. 					Operacional
				4	Termostato permanentemente cerrado por oxidación.	<ul style="list-style-type: none"> • Sube bruscamente el marcador de temperatura. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de termostato. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo del cambio del termostato: \$60 					Operacional
				5	Radiador con fugas por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de vapores. • Pérdida de refrigerante. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Sueda de radiador • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo de la suelda del radiador: \$20. 					Operacional
3	Mantener el nivel de combustible requerido	A	Incapaz de mantener el nivel de combustible requerido	1	Tanque de combustible sucio por la presencia impurezas.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fuerza. • Cabeceo al trasladarse. • Apagado del vehículo. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Limpieza del tanque. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo de la limpieza del tanque de combustible: \$40 					Operacional
				2	Tanque de combustible agrietado por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame de combustible con aumento de consumo. • Llenado de combustible. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Limpieza y soldadura del tanque. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo de limpieza y soldadura de tanque de combustible: \$150. 					Operacional

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 20-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 03 (motor de combustión interna)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular		Sistema N°: CM03		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 3	
		Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03		Subsistema N°: Motor de combustión interna 01		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De 3	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
				3	Cañería del circuito de alimentación con fugas por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame de combustible con aumento de consumo. • Llenado de combustible. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de las cañerías del circuito de alimentación en el tanque. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo del cambio de la cañería de alimentación: \$40 					Operacional
				4	Filtro de combustible obstruido por la presencia de impurezas.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fuerza. • Cabeceo al movilizarse y apagado del vehículo. • No produce ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio del filtro de combustible. • El tiempo de parada: 30 minutos. • Costo del cambio del filtro de combustible: \$10 					Operacional
4	Mantener el nivel de aceite requerido.	A	Incapaz de mantener el nivel de aceite requerido.	1	Aceite de motor recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> • Sube bruscamente el marcador de temperatura. • El motor se sobrecalienta. • No produce ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio del aceite del motor. • El tiempo de parada: 30 minutos. • Costo del cambio de aceite del motor: \$40 					Operacional
				2	Filtros de aceite obstruido por suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> • La lubricación inadecuada. • Puede sobrecalentarse. • No arranca el motor. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio del filtro de aceite del motor. • El tiempo de parada: 30 minutos. • Costo del cambio del filtro de aceite: \$15 					Operacional
				3	Empaques de culata con fuga de aceite por deterioro del aislamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fuerza y aceite del motor. • Cambio de empaques de culata. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de empaque de la culata. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del cambio de empaques: \$15 					Operacional

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 21-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 03 (transmisión de potencia)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular	Sistema N°: CM03	Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David	Fecha: 20-02-2021	Hoja N° 1
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIAS	De 1
1	Transmitir el giro del motor hasta las ruedas.	A Incapaz de transmitir el giro del motor hasta las ruedas.	1	Engranajes de la caja de cambios con desgaste por mala lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> No ingresan los cambios de marcha. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio del kit de reparación de la caja de cambios. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del cambio de kit de reparación de la caja de cambios: \$40 	Operacional
			2	Disco de embrague con fisura por desgaste.	<ul style="list-style-type: none"> Olor a quemado. No hay fuerza. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio del disco de embrague. El tiempo de parada: 6 horas. Costo del cambio del disco de embrague: \$300 	Operacional
			3	Aceite de la caja recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> Olor a aceite quemado. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio del aceite de la caja de cambios. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del cambio del aceite de la caja de cambios: \$65 	Operacional
			4	Cruceta de cardan desgastado por falta de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> Vibraciones. Golpeteo al embragar. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Engrase de cruceta de cardan. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del engrase de cruceta de cardan: \$90 	Operacional

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 22-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 (chasis y carrocería)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular		Sistema N°: CM03		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 1	
		Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03		Subsistema N°: Chasis y carrocería 01		Auditor:		Fecha: 20-02-2021		De 1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		CONSECUENCIAS			
1	Transportar personal y carga.	A	Vehículo incapaz de transportar personal y carga.	1	Chasis deformado o roto por impactos.	<ul style="list-style-type: none"> • Desnivel e inclinación fuerte por peso. • Mantenimiento de chasis. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Soldadura del chasis. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo de la soldadura del chasis: \$100 					Seguridad
2	Transportar con seguridad a los ocupantes del vehículo.	A	Vehículo incapaz de Transportar con seguridad a los ocupantes del vehículo.	1	Cinturones de seguridad en mal estado por desgaste de la cinta	<ul style="list-style-type: none"> • Cinturón trabado, seguro dañado • Cinturón no cumple la función • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de cinturones de seguridad. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del cambio de los cinturones de seguridad: \$100 					Seguridad
				2	Bisagras dañadas por falta de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> • La puerta no se puede abrir ni cerrar. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Lubricación de Bisagras. • El tiempo de parada: 15 minutos. • Costo de la lubricación de las bisagras: \$10 					Seguridad.
3	Transportar personas brindando confort	A	Incapaz de brindar confort	1	Aire acondicionado sin carga por uso.	<ul style="list-style-type: none"> • No enfría. • Recarga del aire acondicionado. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo de la recarga del aire acondicionado: \$120 					No operacional

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 23-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 (sistema de frenos)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular		Sistema N°: CM03		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 1	
		Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03		Subsistema N°: Sistema de frenos 01		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De 1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Frenar el vehículo cuando el operador lo requiera.	A	No frena el vehículo.	1	Zapatas dañadas por excesivo desgaste	<ul style="list-style-type: none"> Al accionar el freno, el vehículo no disminuye la velocidad por zapatas desgastadas del exceso de uso. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Revestimiento de zapatas. El tiempo de parada: 1 hora 30 minutos. Costo del revestimiento de zapatas: \$100 	Seguridad				
				2	Tambor de freno con ralladura por acumulación de materiales abrasivos.	<ul style="list-style-type: none"> Al accionar el freno, no se disminuye la velocidad. Pérdida de frenos. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de tambor. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del cambio del tambor de freno: \$125 	Seguridad				
				3	Discos de freno desgastado por excesiva manipulación del pedal.	<ul style="list-style-type: none"> Dificulta la detención del vehículo. Se debe cambiar los discos de rotor. Tiempo de parada de 1 hora Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de discos de freno. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del cambio del disco de freno: \$80 	Seguridad				
				4	Pérdida de presión de la bomba de freno hidráulico por desgaste del sello.	<ul style="list-style-type: none"> Disminuir la capacidad del auto para detenerse rápidamente. Se debe aumentar el líquido de frenos. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Mantenimiento de la bomba de freno. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del mantenimiento de la bomba de freno: \$45 	Seguridad				
				5	Líquido de freno recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> Demora el tiempo de frenado del vehículo. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio del líquido de freno. El tiempo de parada: 10 minutos. Costo del cambio de líquido de freno: \$5 	Seguridad				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 24-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 (sistema eléctrico)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular		Sistema N°: CM03		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 1	
		Sistema: CAMIÓN NLR 55E		Subsistema N°: Sistema eléctrico 01		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De 1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Mantener flujo de corriente en el vehículo.	A	Incapacidad de mantener el flujo de corriente.	1	Bujías de precalentamiento con presencia de hollín producto de la combustión.	<ul style="list-style-type: none"> • Se demora al arrancar y con un sonido ligero • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de bujías de precalentamiento. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del cambio de bujías de precalentamiento: \$100 	Operacional				
				2	Alternador no carga por desgaste de carbones.	<ul style="list-style-type: none"> • Luz testigo de la batería se mantiene encendido en el tablero. • Dificultad al arrancar. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Mantenimiento del alternador. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo del mantenimiento del alternador: \$45 	Operacional				
				3	Batería descargada por falta de agua destilada.	<ul style="list-style-type: none"> • No enciende el motor. • Luz testigo de la batería se mantiene encendido en el tablero. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambiar batería. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo del cambio de batería: \$150 	Operacional				
				4	Motor de arranque dañado por desgaste de carbones.	<ul style="list-style-type: none"> • Se demora en el arranque. • Sonido ligero al arrancar. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Mantenimiento del motor de arranque. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del mantenimiento del motor de arranque: \$45 	Operacional				
				5	Correas con desgaste producto de la fricción.	<ul style="list-style-type: none"> • Enciende el motor con dificultad. • Sonido agudo al momento de arrancar el vehículo. • No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de las correas. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo del cambio de las correas: \$80 	Operacional				
2	Iluminar durante la circulación del vehículo.	A	Incapaz de iluminar durante la circulación del vehículo.	1	Elementos de iluminación quemados (focos, alógenos.) por cortocircuitos.	<ul style="list-style-type: none"> • El vehículo se queda sin ninguna iluminación. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de los elementos de iluminación. • El tiempo de parada: 30 minutos. • Costo del cambio de los elementos de iluminación: \$40 	Seguridad				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 25-3: Hoja de información del RCM: camión (sistema de dirección)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular		Sistema N°: CM03		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		De 1		CONSECUENCIAS	
1	Permitir correcto funcionamiento de la dirección.	A	Incapaz de controlar la dirección del timón.	1	Aceite hidráulico de dirección recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> • Vibración en la dirección. • Ruidos anormales. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio del aceite hidráulico. • El tiempo de parada: 30 minutos. • Costo del cambio del aceite hidráulico: \$25 	Seguridad				
				2	Mangueras rotas por exceso de presión.	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga de aceite hidráulico. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de mangueras. • El tiempo de parada: 30 minutos. • Costo del cambio de mangueras: \$80 	Seguridad				
				3	Travesaño doblado o roto por impactos.	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad al conducir • Llantas inestables • Vibración • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de travesaño. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del cambio del travesaño: \$140 	Seguridad				
				4	Desgaste del cuerpo de la rótula por falta de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> • Sonido de golpes metálicos • Vehículo inclinado hacia la rótula rota. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de rótula. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del cambio de la rótula: \$130 	Seguridad				
				5	Barra estabilizadora doblada o rota por impactos.	<ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad al conducir. • Llantas inestables. • Vibración delantera. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de barra estabilizadora • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del cambio de la barra estabilizadora: \$220 	Seguridad				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 26-3: Hoja de información del RCM: camión NLR E55 (sistema de suspensión)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: Flota vehicular	Sistema N°: CM03	Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David	Fecha: 20-02-2021	Hoja N° 1	
		Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03	Subsistema N°: Sistema de suspensión 01	Auditor:	Fecha: 20-02-2021	De 1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIAS		
1	Brindar estabilidad al vehículo en el traslado del personal y cargas livianas.	A	Inestabilidad del vehículo	1	Hoja de ballesta rota por excesiva carga.	<ul style="list-style-type: none"> • Desnivel del chasis y la carrocería. • Inclinación fuerte. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambios de las hojas de ballesta. • El tiempo de parada: 3 horas. • Costo del cambio de hojas de ballesta: \$300 	Seguridad
				2	Amortiguadores dañados por excesiva carga.	<ul style="list-style-type: none"> • Desnivel del chasis y la carrocería. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambios de los amortiguadores. • El tiempo de parada: 3 horas. • Costo del cambio de amortiguadores: \$70 	Seguridad
				3	Neumáticos fisurados por desgaste.	<ul style="list-style-type: none"> • Presentan grietas en los neumáticos. • Presentan protuberancias en los neumáticos. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambios de los neumáticos. • El tiempo de parada: 30 minutos. • Costo del cambio de neumáticos: \$300 	Seguridad

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Mediante el análisis y llenado de las hojas de información del RCM se obtuvo respuesta a cinco de las siete preguntas básicas de la metodología aplicada, esto se resume en describir: funciones, fallos funcionales, modos de fallo, efectos de fallo y finalmente determinar consecuencias, todo lo mencionado requirió tiempo debido a la cantidad de activos analizados. La flota vehicular de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. cuenta con maquinaria pesada de ahí la importancia de mostrar el AMFE realizado a una excavadora hidráulica como se detalla en las tablas 27-3 hasta la 35-3.

Tabla 27-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (motor de combustión interna)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 1	
		Sistema: HIDRÁULICA CATERPILLAR 01		EXCAVADORA 320D		Subsistema N°: Motor de combustión interna 01		Auditor:		Fecha:20-02-2021 De 4	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Entregar la potencia mecánica necesaria para generar no menos de 140 hp a 1800 rpm.	A	Incapaz de entregar la potencia mecánica necesaria para girar el motor.	1	Inyectores obstruidos por suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la potencia. Emisión de humos negros. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Limpieza de inyectores. El tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo de la limpieza de inyectores: \$100. 	Operacional				
				2	Fuga de compresión en válvulas de admisión y escape por desgaste.	<ul style="list-style-type: none"> Ruidos anormales. Pérdida de potencia. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Calibración de las válvulas. El tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo de la calibración de válvulas: \$200. 	Operacional				
				3	Filtros de aire obstruido por suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> El motor no arranca fácilmente. Vibraciones excesivas. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Cambio de filtro de aire. El tiempo de parada: 30 minutos. Costo del tiempo de parada: \$30. Costo del cambio de filtro de aire (primario y secundario): \$120 	Operacional				
				4	Bases del motor agrietadas por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> Vibraciones excesivas. Ruidos anormales. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Cambio de bases de motor. El tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$40. Costo del cambio de bases del motor: \$100 	Operacional				
2	Mantener la temperatura de motor por debajo de 90° C.	A	Incapaz de mantener la temperatura de motor por debajo de 90° C.	1	Líquido refrigerante recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> Sube bruscamente el marcador de temperatura. Llenado de refrigerante. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Cambio de líquido refrigerante. 	Operacional				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 27-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (motor de combustión interna)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 2	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		Fecha: 20-02-2021		De 4	
2	Mantener la temperatura de motor por debajo de 90° C.	A	Incapaz de mantener la temperatura de motor por debajo de 90° C.	1	Líquido refrigerante recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> El tiempo de parada: 45 minutos. Costo del tiempo de parada: \$45. Costo del cambio del líquido refrigerante: \$200 	Operacional				
				2	Mangueras rotas del radiador por exceso de presión.	<ul style="list-style-type: none"> Emisión de vapores. Pérdida de refrigerante. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Cambio de mangueras. El tiempo de parada: 10 minutos. Costo del tiempo de parada: \$10. Costo del cambio de mangueras: \$25 	Operacional				
				3	Bomba de agua desgastada por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> Sube el marcador de temperatura. Consumo de refrigerante. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Cambio de bomba de agua. El tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$40. Costo del cambio de la bomba de agua: \$50. 	Operacional				
				4	Termostato permanentemente cerrado por oxidación.	<ul style="list-style-type: none"> Sube bruscamente el marcador de temperatura. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Cambio de termostato. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del cambio del termostato: \$85 	Operacional				
				5	Radiador con fugas por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> Emisión de vapores. Pérdida de refrigerante. No tiene afectación a la seguridad y ambiente. Inspección del radiador. El tiempo de parada: 1 hora. Costo del tiempo de parada: \$20. Costo de la solda del radiador: \$20. 	Operacional				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 27-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (motor de combustión interna)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 3	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		Fecha:20-02-2021		De 4	
3	Mantener el nivel de combustible requerido	A	Incapaz de mantener el nivel de combustible requerido	1	Tanque de combustible sucio por la presencia impurezas.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fuerza. • Cabeceo al trasladarse. • Apagado del vehículo. • No tiene afectación a la seguridad y ambiente. • Limpieza del tanque. • El tiempo de parada: 1 hora. • Costo del tiempo de parada: \$60. • Costo de la limpieza del tanque de combustible: \$80 	Operacional				
				2	Tanque de combustible agrietado por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame de combustible con aumento de consumo. • No tiene afectación a la seguridad y ambiente. • Inspección del tanque de combustible. • El tiempo de parada: 10 minutos. • Costo del tiempo de parada: \$10. • Costo de limpieza y soldadura: \$150 	Operacional				
				3	Cañería del circuito de alimentación con fugas por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame de combustible con aumento de consumo. • Llenado de combustible. • No tiene afectación a la seguridad y ambiente. • Cambio de cañerías del circuito de alimentación en el tanque. • El tiempo de parada: 10 minutos. • Costo del tiempo de parada: \$10. • Costo del cambio de la cañería de alimentación: \$40 	Operacional				
				4	Filtro de combustible obstruido por la presencia de impurezas.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fuerza. • Cabeceo al movilizarse y apagado del vehículo. • No tiene afectación a la seguridad y ambiente. • Cambio del filtro de combustible. • El tiempo de parada: 45 minutos. • Costo del tiempo de parada: \$45. • Costo del cambio del filtro de combustible (primario, secundario y separador de agua): \$135 	Operacional				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 27-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (motor de combustión interna)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N° 4	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		Fecha:20-02-2021		De 4	
4	Mantener el nivel de aceite requerido.	A	Incapaz de mantener el nivel de aceite requerido.	1	Aceite de motor recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> • Sube bruscamente el marcador de temperatura. • El motor se sobrecalienta. • No tiene afectación a la seguridad y ambiente. • Cambio del aceite del motor. • El tiempo de parada: 30 minutos. • Costo del tiempo de parada: \$30. • Costo del cambio de aceite del motor: \$400 	Operacional				
				2	Filtros de aceite obstruido por suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> • La lubricación inadecuada. • Puede sobrecalentarse. • No arranca el motor. • No tiene afectación a la seguridad y ambiente. • Cambio del filtro de aceite del motor. • El tiempo de parada: 10 minutos. • Costo del tiempo de parada: \$10. • Costo del cambio del filtro de aceite: \$85 	Operacional				
				3	Empaques de culata con fuga de aceite por deterioro del aislamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fuerza y aceite del motor. • Cambio de empaques de culata. • No tiene afectación a la seguridad y ambiente. • Cambio de empaque de la culata. • El tiempo de parada: 2 horas. • Costo del tiempo de parada: \$40. • Costo del cambio de empaques: \$15 	Operacional				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 28-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema hidráulico)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CAT. 01		Subsistema N°: Sistema hidráulico 01		Auditor:		Fecha: 20-02-2021		De 2	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Transformar la energía mecánica en energía hidráulica.	A	Incapaz de transformar la energía mecánica en energía hidráulica.	1	Rotura de sellos de la bomba hidráulica por desgaste abrasivo.	<ul style="list-style-type: none"> fugas de aceite hidráulico. Falta de presión. No trabajan los pistones. No existe afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambios de sellos de la bomba. Tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo del cambio de retenedores de la bomba hidráulica: \$200 				Operacional	
				2	Aceite hidráulico recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de potencia. Gato hidráulico se eleva muy despacio. No existe afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambios de aceite hidráulico. Tiempo de parada: 20 minutos. Costo del tiempo de parada: \$20. Costo del cambio de aceite hidráulico: \$45. 				Operacional	
				3	Tanque hidráulico fisurado por golpes.	<ul style="list-style-type: none"> Consumo excesivo de aceite. Dificultad de succión. No existe afectación a la seguridad y medio ambiente. Inspección del tanque hidráulico. Tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo del cambio de aceite hidráulico: \$45. 				Operacional	
				4	Filtro de aceite taponado por suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> No levanta la carga No existe afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio del filtro de aceite. Tiempo de parada: 20 minutos. Costo del tiempo de parada: \$20. Costo del cambio de filtro de aceite hidráulico: \$400. 				Operacional	
				5	Mangueras y tuberías perforadas exceso de presión.	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de potencia. Perdida de resistencia. No existe afectación a la seguridad y medio ambiente Inspección de mangueras y tuberías. Tiempo de parada: 10 minutos. 					

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 28-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema hidráulico)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:2	
		Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 01		Subsistema N°: Sistema hidráulico 01		Auditor:		Fecha: 20-02-2021		De 2	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
				5	Mangueras y tuberías perforadas exceso de presión.		<ul style="list-style-type: none"> Costo del tiempo de parada: \$10. Costo del cambio de mangueras y tuberías: \$45. 				Operacional
				6	Sellos hidráulicos desgastados por degradación por altas temperaturas.		<ul style="list-style-type: none"> Fugas de aceites. No existe afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de los sellos hidráulicos. Tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo del cambio de sellos hidráulicos: \$600. 				Operacional
2	Transmitir el movimiento a las plumas	A	Incapaz de transmitir movimiento a las plumas.	1	Cilindros de la pluma con fugas de aceite por fisuras en los sellos hidráulicos.		<ul style="list-style-type: none"> Perdida de velocidad y potencia Consumo de aceite. Vibraciones. No existe afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de sellos hidráulicos. Tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo del cambio de sellos hidráulicos: \$600. 				Operacional
3	Transmitir el movimiento al brazo	A	Incapaz de transmitir movimiento al brazo.	1	Cilindros del brazo con fugas de aceite por fisuras en los sellos hidráulicos.		<ul style="list-style-type: none"> Perdida de velocidad, y potencia Consumo de aceite. Vibraciones. No existe afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de sellos hidráulicos. Tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo del cambio de sellos hidráulicos: \$600. 				Operacional
4	Trasmitir el movimiento al cucharón.	A	Incapaz de transmitir movimiento al cucharón.	1	Cilindros del cucharón con fugas de aceite por fisuras en los sellos hidráulicos.		<ul style="list-style-type: none"> Perdida de velocidad y potencia Consumo de aceite. Vibraciones. No existe afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de sellos hidráulicos. Tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo del cambio de sellos hidráulicos: \$600. 				Operacional

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 29-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (tren de rodaje)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 01		Subsistema N°: tren de rodaje.		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De 1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Transmitir la potencia necesaria para proporcionar el desplazamiento de la maquinaria.	A	Incapaz de transmitir la potencia necesaria para el desplazamiento de la maquinaria.	1	Cadena rota por esfuerzo excesivo.	<ul style="list-style-type: none"> Paralización de la máquina. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de la cadena. Tiempo de parada: 4 horas. Costo del tiempo de parada: \$240. Costo del cambio de cadena: \$2000. 	Operacional				
				2	Mandos finales desgastados por mala lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de potencia. Desplazamiento defectuoso de las orugas. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. mantenimiento de los mandos finales. Tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo del mantenimiento de los mandos finales: \$600. 	Operacional				
				3	Ruedas tensoras desgastadas por baja tensión en la cadena.	<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento defectuoso de las orugas. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Mantenimiento de las ruedas tensoras. Tiempo de parada: 2 horas. Costo del tiempo de parada: \$120. Costo del mantenimiento de las ruedas tensoras: \$160. 	Operacional				
				4	Rodillos desgastados por impactos.	<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento defectuoso de las orugas No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Mantenimiento de los rodillos. Tiempo de parada: 4 horas. Costo del tiempo de parada: \$240. Costo del cambio de kit de arrastre: \$30.000. 	Operacional				
				5	Pines y bocines desgastados por fricción.	<ul style="list-style-type: none"> Desacople de los eslabones. Descarrilamiento de la máquina. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de pines y bocines. Tiempo de parada: 4 horas. Costo del tiempo de parada: \$240. Costo del cambio de kit de pines y bocines: \$3000. 	Operacional				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 30-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema eléctrico)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01		Subsistema N°: Sistema eléctrico 01		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De:2	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Mantener flujo de corriente en el vehículo.	A	Incapacidad de mantener el flujo de corriente.	1	Bujías de precalentamiento con presencia de hollín producto de la combustión.	<ul style="list-style-type: none"> Se demora al arrancar. Sonido ligero al arrancar. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de bujías de precalentamiento. Tiempo de parada: 1 hora. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del cambio de bujías de precalentamiento \$480. 			Operacional		
				2	Alternador no carga por desgaste de carbones.	<ul style="list-style-type: none"> Luz testigo de la batería se mantiene encendido en el tablero. Dificultad al arrancar. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio del alternador. Tiempo de parada: 1 hora. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del cambio del alternador: \$300. 			Operacional		
				3	Batería descargada por falta de agua destilada.	<ul style="list-style-type: none"> No enciende el motor. Luz testigo de la batería se mantiene encendido en el tablero. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de batería. Tiempo de parada: 20 minutos. Costo del tiempo de parada: \$20. Costo del cambio de baterías: \$600 			Operacional		
				4	Motor de arranque dañado por desgaste de carbones.	<ul style="list-style-type: none"> Se demora en el arranque. Sonido ligero al arrancar. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio del motor de arranque. Tiempo de parada: 1 horas. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del cambio de motor de arranque: \$600. 			Operacional		
				5	Correas con desgaste producto de la fricción.	<ul style="list-style-type: none"> Enciende el motor con dificultad. Sonido agudo al momento de arrancar el vehículo. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. 					

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 30-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema eléctrico)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:2	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		CONSECUENCIAS		De:2	
				5	Correas con desgaste producto de la fricción.	• Cambio de las correas. • Tiempo de parada: 1 hora. • Costo del tiempo de parada: \$60. • Costo del cambio las correas: \$600.					Operacional
2	Iluminar durante la circulación del vehículo.	A	Incapaz de iluminar durante la circulación del vehículo.	1	Elementos de iluminación quemados (focos, alógenos.) por cortocircuitos.	• La maquinaria se queda sin ninguna iluminación. • Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Inspección de los elementos de iluminación. • Tiempo de parada: 5 minutos. • Costo del tiempo de parada: \$5. • Costo del cambio de focos: \$5.					Seguridad

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

75

Tabla 31-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (cabina y herramientas)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		CONSECUENCIAS		De:2	
1	Excavar material de relleno de la mina.	A	Incapaz de excavar.	1	Cucharon fisurado por sobrecarga de material.	• Herramienta deficiente. • No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Mantenimiento del cucharon. • Tiempo de parada: 1 hora. • Costo del tiempo de parada: \$60. • Costo del mantenimiento del cucharon: \$600.					Operacional
				2	Cuchillas y dientes desgastados por la continua fricción contra el terreno.	• Sobre esfuerzo de la máquina. • No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. • Cambio de cuchillas y dientes. • Tiempo de parada: 1 hora. • Costo del tiempo de parada: \$60. • Costo del mantenimiento de cuchillas y dientes: \$600.					Operacional

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 31-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (cabina y herramientas)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:2	
		Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CAT. 01		Subsistema N°: Cabina y herramienta 01		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De:2	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Excavar material de relleno de la mina.	A	Incapaz de excavar.	3	Pluma fisurada por sobrecarga de material.	<ul style="list-style-type: none"> Trabajo deficiente. No tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Mantenimiento de la pluma. Tiempo de parada: 1 hora. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del mantenimiento de la pluma: \$600. 				Operacional	
				4	Graseros taponados por suciedad.	<ul style="list-style-type: none"> No permite el ingreso de grasa en los puntos de engrase. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Inspección y limpieza de los graseros. Tiempo de parada: 1 hora. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del mantenimiento de graseros\$600. 				Operacional	

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 32-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de frenos)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR. 01		Subsistema N°: Sistema de frenos		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De:1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO				CONSECUENCIAS	
1	Frenar la maquinaria cuando el chofer lo requiera.	A	Incapaz de frenar.	1	Palanca de accionamiento manual rota por excesiva manipulación.	<ul style="list-style-type: none"> Demora el tiempo de frenado. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambios de palanca de accionamiento. Tiempo de parada: 1 hora. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del cambio de palanca de accionamiento: \$600. 				Seguridad.	
				2	Bloqueo del freno de servicio por desgaste de las pastillas del freno	<ul style="list-style-type: none"> Demora el tiempo de frenado. 					

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 33-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de frenos)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01		Subsistema N°: Sistema de frenos		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De:1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		CONSECUENCIAS			
1	Frenar la maquinaria cuando el chofer lo requiera.	A	Incapaz de frenar.	2	Bloqueo del freno de servicio por desgaste de las pastillas del freno	<ul style="list-style-type: none"> La máquina puede bloquearse. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de pastillas. Tiempo de parada: 3 horas. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del cambio de pastillas: \$600. 		Seguridad.			
				3	Rotura del resorte de la válvula de freno de servicio por sobrepresión.	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de presión en el interior del cilindro. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de la válvula de freno. Tiempo de parada: 1 hora. Costo del tiempo de parada: \$60. Costo del cambio de la válvula de freno: \$600. 		Seguridad.			

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 34-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de dirección)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01		Subsistema N°: Sistema de dirección.		Auditor:		Fecha:20-02-2021		De:1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		CONSECUENCIAS			
1	Controlar el movimiento de dirección y sentido de la máquina.	A	Incapaz de controlar el movimiento de dirección y sentido de la máquina.	1	Rotura del varillaje por sobrecarga en la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> Paralización de la máquina. No se puede transmitir el movimiento. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambios del eje. 		Seguridad.			
				2	Mangueras rotas por sobrepresión.	<ul style="list-style-type: none"> Maquina no gira en ninguna dirección. Tiene afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambios de mangueras de dirección. 		Seguridad.			

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 35-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (habitáculo y bastidor)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: HIDRÁULICA CATERPILLAR 01		EXCAVADORA 320D		Subsistema N°: habitáculo y bastidor 01		Auditor:		Fecha:20-02-2021 De:1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		CONSECUENCIAS			
1	Transportar personal y carga.	A	Vehículo incapaz de transportar personal y carga.	1	Chasis deformado o roto por impactos.	<ul style="list-style-type: none"> Desnivel e inclinación fuerte por peso. Mantenimiento de chasis. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Inspección del chasis Tiempo de parada: 10 minutos. Costo del tiempo de parada: \$10. Costo de la inspección del chasis: \$10. 	Operacional				
2	Brindar protección y alojar al operador	A	Incapaz de brindar protección y alojar al operador	1	Cabina deformada por impactos.	<ul style="list-style-type: none"> Inseguridad. Incomodidad. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Mantenimiento de la cabina. Tiempo de parada: 10 minutos. Costo del tiempo de parada: \$10. Costo del mantenimiento de la cabina: \$10 	Operacional				
3	Transportar con seguridad a los ocupantes del vehículo.	A	Vehículo incapaz de Transportar con seguridad a los ocupantes del vehículo.	1	Cinturones de seguridad en mal estado por desgaste de la cinta	<ul style="list-style-type: none"> Cinturón trabado, seguro dañado Cinturón no cumple la función No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Cambio de cinturones de seguridad. Tiempo de parada: 10 minutos. Costo del tiempo de parada: \$10. Costo del cambio del cinturón de seguridad \$10 	Operacional				
				2	Bisagras dañadas por falta de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> La puerta no se puede abrir ni cerrar. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Lubricación de bisagras. Tiempo de parada: 10 minutos. Costo del tiempo de parada: \$10. Costo de la lubricación de la bisagra: \$10 	Operacional				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 36-3: Hoja de información del RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (swing)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		Área: flota vehicular		Sistema N°: EH01		Facilitadores: Changuán, Cristhian- Caisa, David		Fecha: 20-02-2021		Hoja N°:1	
		Sistema: HIDRÁULICA CATERPILLAR 01		EXCAVADORA 320D		Subsistema N°: Swing		Auditor:		Fecha:20-02-2021 De:1	
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO		CONSECUENCIAS			
1	Girar 360°	A	Incapaz de girar.	1	Motor de giro con ruido anormal por falta de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> Giro defectuoso. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Mantenimiento del motor de giro. Tiempo de parada: 8 horas. Costo del tiempo de parada: \$480. Costo del mantenimiento del motor de giro: \$600. 	Operacional.				
				2	Engranajes planetarios desgastados por falta de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de potencia. Desplazamiento defectuoso de las orugas. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Mantenimiento de los engranes planetarios. Tiempo de parada: 6 horas. Costo del tiempo de parada: \$360. Costo del mantenimiento de los engranes planetarios: \$600. 	Operacional.				
				3	Corona de la tornamesa desgastada por mala lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> Giro defectuoso. No existe ninguna afectación a la seguridad y medio ambiente. Lubricación de corona de la tornamesa. Tiempo de parada: 30 minutos. Costo del tiempo de parada: \$30. Costo del mantenimiento del cucharón: \$80. 	Operacional.				

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

3.4.3 Diagrama y hoja de decisión

Realizado el análisis y llenado de la hoja de información del RCM de todos los vehículos livianos, pesados y maquinaria se procedió a la aplicación del diagrama de decisión en combinación con la hoja de decisión que se explican en la literatura, de esto se obtendrá información valiosa para la determinación de tareas de mantenimiento.

En la Tabla 38-3 se muestra la hoja de decisión RCM, donde en las tres primeras columnas encabezadas por las letras F (Función), FF (Falla funcional) y FM (Modo de fallo) se registraron los códigos de los modos de fallo establecidos en el AMFE, por ejemplo, 1A1 indica el modo de fallo: inyectores obstruidos por suciedad de la falla funcional A (incapaz de entregar la potencia mecánica necesaria para girar el motor) de la función uno (entregar la potencia mecánica necesaria para generar no menos de 104 hp a 3200rpm). Luego de haber registrado el código de modo de fallo 1A1 se procedió a evaluar sus consecuencias a través de las interrogantes del diagrama de decisión como se muestra en la Figura 3-3; la primera interrogante (H) clasifica al fallo en oculto o evidente, la respuesta al ser afirmativa se escribió la letra S en la columna H y seguidamente se evaluó sus consecuencias, este fallo al no presentar consecuencias a la seguridad (S), Ambiente (E) se registró la letra N en las columnas S y E, finalmente al evaluar consecuencias operacionales (O) la respuesta fue afirmativa por lo que se registró la letra S en la columna O.

Posteriormente de acuerdo al tipo de consecuencia predominante para el modo de fallo analizado 1A1 en este caso operacionales (O), se intentará dar respuesta a una serie de interrogantes codificadas con la letra que identifica a este tipo de consecuencias O1, O2 y O3 como se muestra en la figura 4-3, las cuales determinan la factibilidad de las tareas a condición, reacondicionamiento y sustitución cíclica.

En la Tabla 38-3 se muestra que al ser negativa la respuesta a la interrogante O1, se escribió la letra N y se avanzó a la O2, esta al ser afirmativa se registró la letra S y se definió la tarea de reacondicionamiento cíclico siendo esta limpieza de los inyectores, la cual se registró en la columna de tarea propuesta, así como también en base a la experiencia del personal de mantenimiento de la flota vehicular se definió la frecuencia de ejecución y el responsable a llevarla a cabo.

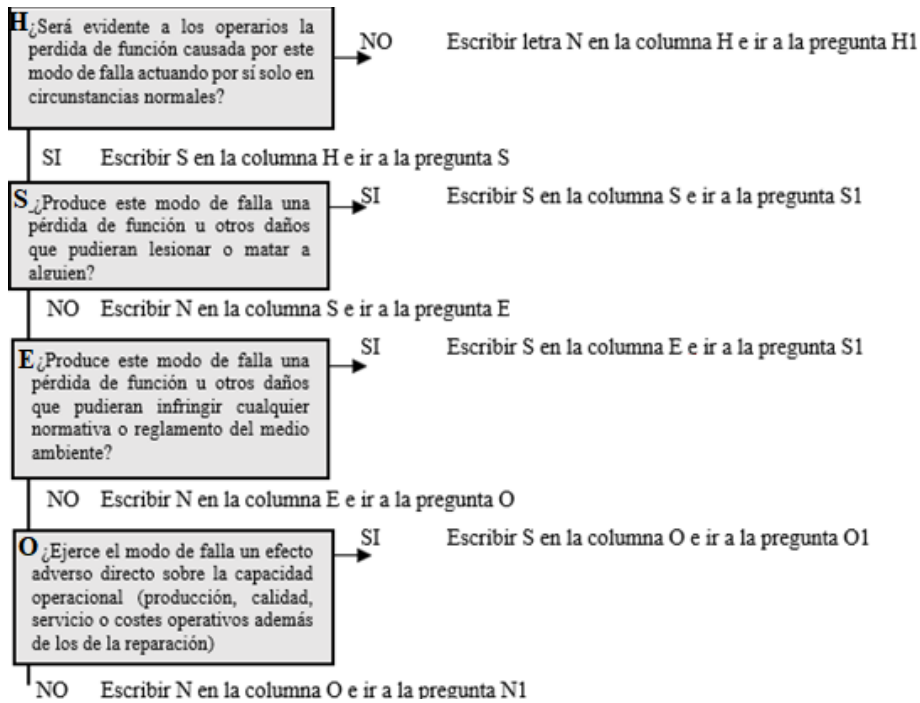


Figura 3-3: Interrogantes: análisis de consecuencias de fallo

Fuente: (Adaptado Moubray , 2004)

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

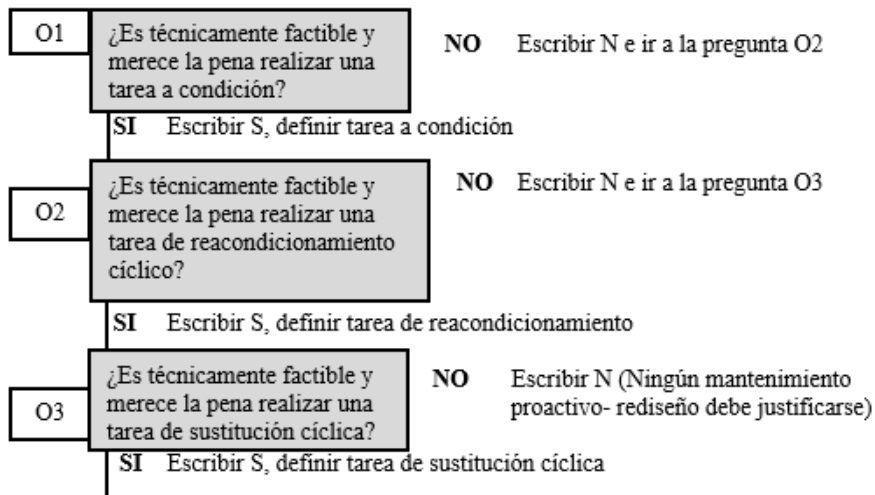


Figura 4-3: Interrogantes: análisis de modo de fallo

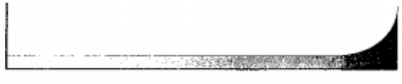


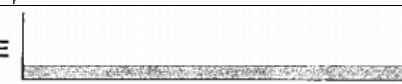

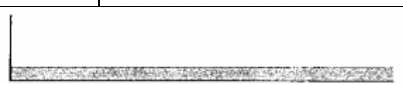
Fuente: (Adaptado Moubray , 2004)

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Al dar respuesta afirmativa a la interrogante O2 de la figura 6-3, se determinó realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico para el modo de fallo: inyectores obstruidos por suciedad (ver Tabla 20-3). Para estudiar de mejor manera el modo de fallo mencionado, este fue analizado mediante patrones de fallo, pues estos representan la probabilidad condicional de un fallo con respecto a la edad operacional de varios elementos mecánicos y eléctricos (ver Tabla 37-3);

permitiendo de esta forma asociar un modo de fallo (inyectores obstruidos por suciedad) con un patrón de fallo semejante.

Tabla 37-3: Modos y patrones de fallo

Tipo de modo de fallo		Patrones de fallo	Observación	
Modo de fallo	Evidente	Edad B 	Fallos asociados a la fatiga, corrosión, abrasión y evaporación.	
		C 		
		Aleatoria	D 	Fallos al azar que son independientes del tiempo de funcionamiento.
			E 	
	F 			
	Oculto	E 	Fallos en su mayor parte asociados a sistemas de protección sin seguridad inherente	

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Changuán, C.;Caisa, D. 2021

De tal manera gracias a la Tabla 37-3, se pudo asociar el modo de fallo: inyectores obstruidos por suciedad con el patrón de fallo C, debido a que este indica que existe una probabilidad condicional de fallo que se incrementa lentamente, sin embargo, no tiene una edad de desgaste identificable; comportamiento que se relacionó al modo de fallo de inyectores obstruidos.

Ante la relación obtenida del fallo analizado, se deduce que es un fallo relacionado con la edad y por ende se debe emplear una tarea de reacondicionamiento cíclico, además con esto se determina que el elemento estudiado (inyectores) muestra un rápido incremento de probabilidad de fallo; criterio importante para el análisis de factibilidad.

De la forma que se explicó anteriormente se analizó todos los modos de fallos identificados en las hojas de información del RCM, esto se aplicó para todos los automotores de la flota vehicular. Cabe mencionar que, si no es posible determinar una tarea técnicamente factible, se determinó trabajar al fallo.

En las tablas 38-3 hasta 44-3 y 45-3 hasta 53-3 se muestran las hojas de decisión obtenidas para el camión Chevrolet NLR E55, y la excavadora hidráulica Caterpillar 320D 01 respectivamente.

Tabla 38-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (motor de combustión interna)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: CM03				Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021	Hoja N°: 1
			Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				Subsistema N°: Motor de combustión interna 01				Auditor:			Fecha: 23-02-2021	De:1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Limpiar los inyectores.	60.000 km	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Trabajar al fallo.		Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar filtro de aire.	5.000 km	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Trabajar al fallo.		Mecánico
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar líquido refrigerante.	30.000 km	Mecánico
2	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de las mangueras.	Diario	Operador
2	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Trabajar al fallo.		Mecánico
2	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar termostato.	30.000 km	Mecánico
2	A	5	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del radiador.	Diario	Operador
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Limpiar internamente el tanque de combustible.	30.000 km	Mecánico
3	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del tanque de combustible.	Diario	Operador
3	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de las cañerías del circuito de alimentación de combustible.	60.000 km	Mecánico
3	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar filtro de combustible.	5.000 km	Mecánico
4	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar aceite del motor.	5.000 km	Mecánico
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar filtros de aceite.	5.000 km	Mecánico
4	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar empaques de culata.	5.000 km	Mecánico

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 39-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (transmisión de potencia)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: CM03			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021	Hoja N°: 1	
			Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				Subsistema N°: Transmisión de potencia 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021	De:1	
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Trabajar al fallo.		Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Trabajar al fallo.		Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar aceite de la caja de cambios.	30.000 km	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	S					Engrasar crucetas de cardan.	5.000 km	Mecánico

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

84

Tabla 40-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (chasis y carrocería)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: CM03			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021	Hoja N°: 1	
			Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				Subsistema N°: Chasis y carrocería 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021	De:1	
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del chasis.	Diario	Operador
2	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el cinturón de seguridad.	Diario	Operador
2	A	2	S	N	N	S	N	S					Lubricar las bisagras de la puerta.	5.000 km	Mecánico
3	A	1	S	N	N	N	N	S					Recargar el aire acondicionado.	30.000 km	Mecánico

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 41-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (sistema de freno)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: CM03			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1
			Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				Subsistema N°: Sistema de freno 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021		De:1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	S			S						Inspeccionar el estado de las zapatas.	5.000 km	Mecánico
1	A	2	S	S			S						Inspeccionar el tambor.	5.000 km	Mecánico
1	A	3	S	S			S						Inspeccionar del disco de freno.	5.000 km	Mecánico
1	A	4	S	S			S						Inspeccionar el estado de la bomba de freno.	5.000 km	Mecánico
1	A	5	S	S			N	N	S				Cambiar el líquido de freno.	30.000 km	Mecánico

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

8

Tabla 42-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (sistema eléctrico)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: CM03			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1
			Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				Subsistema N°: Sistema eléctrico 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021		De:1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar de bujías de precalentamiento	60.000 km	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Trabajo al fallo		Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar nivel de agua de batería y rellenar.	5.000 km	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Trabajo al fallo		Mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Trabajo al fallo		Mecánico
2	A	1	S	S			S						Inspeccionar el estado de los focos.	Diario	Operador

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 43-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (sistema de dirección)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: CM03			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1
			Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				Subsistema N°: Sistema de dirección 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021		De:1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	S			N	N	S				Cambiar el aceite hidráulico	30.000 km	Mecánico
1	A	2	S	S			S						Inspeccionar el estado de las mangueras	5.000 km	Mecánico
1	A	3	S	S			S						Inspeccionar el estado de pines y bocines del frontal.	5.000 km	Mecánico
1	A	4	S	S			S						Inspeccionar el cuerpo de la columna de dirección.	5.000 km	Mecánico
1	A	5	S	S			S						Inspeccionar la barra estabilizadora	5.000 km	Mecánico

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

86

Tabla 44-3: Hoja de decisión RCM: camión NLR E55 (sistema de suspensión)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: CM03			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1
			Sistema: CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				Subsistema N°: Sistema de suspensión 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021		De:1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	S			S						Inspeccionar las hojas de ballesta	5.000 km	Mecánico
1	A	2	S	S			S						Inspeccionar los amortiguadores.	5.000 km	Mecánico
1	A	3	S	S			S						Inspeccionar el estado de los neumáticos.	Diario	Operador

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 45-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (motor de combustión interna)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01				Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021	Hoja N°: 1
			Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01				Subsistema N°: Motor de combustión interna 01				Auditor:			Fecha: 23-02-2021	De:1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Limpia los inyectores.	1.500 h	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Trabaja al fallo.		Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Limpia filtro de aire.	300 h	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Trabaja al fallo.		Mecánico
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambia líquido refrigerante.	3.600 h	Mecánico
2	A	2	S	N	N	S	S						Inspecciona el estado de las mangueras.	Diario	Operador
2	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Trabaja al fallo.		Mecánico
2	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambia termostato.	3.600 h	Mecánico
2	A	5	S	N	N	S	S						Inspecciona el estado del radiador.	Diario	Operador
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Limpia internamente el tanque de combustible.	3.600 h	Mecánico
3	A	2	S	N	N	S	S						Inspecciona el estado del tanque de combustible.	Diario	Operador
3	A	3	S	N	N	S	S						Inspecciona el estado de las cañerías del circuito de alimentación de combustible.	Diario	Operador
3	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambia filtro de combustible.	300 h	Mecánico
4	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambia aceite del motor.	300 h	Mecánico
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambia filtros de aceite.	300 h	Mecánico
4	A	3	S	N	N	S	S						Inspecciona empaques de culata.	Diario	Operador

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 46-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema hidráulico)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1
			Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01				Subsistema N°: sistema hidráulico 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021		De:1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar retenedores de la bomba hidráulica	1.200 h	Mecánico.
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el aceite hidráulico	3.600 h	Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del tanque de aceite hidráulico.	Diario	Operador
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar filtro de aceite hidráulico	400 h	Mecánico
1	A	5	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de las mangueras.	Diario	Operador
1	A	6	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de los sellos hidráulicos.	Trabajar al fallo.	Mecánico
2	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar retenedores hidráulicos de la pluma.	1.200 h	Mecánico
3	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar retenedores hidráulicos del brazo.	1.200 h	Mecánico
4	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar retenedores hidráulicos del cucharón.	1.200 h	Mecánico

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 47-3-: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (tren de rodaje)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1
			Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01				Subsistema N°: Tren de rodaje 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021		De:1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de la cadena.	Diario	Operador
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de los mandos finales.	3.600 h	Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar la tensión de la cadena.	300 h	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de los rodillos.	Diario	Operador
1	A	5	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de los pines y bocines.	Diario	Operador

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 48-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema eléctrico)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Subsistema N°: Sistema eléctrico 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021		De:1
F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar de bujías de precalentamiento	3.600 h	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Trabajo al fallo		Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar el nivel de agua de batería y rellenar.	300 h	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Trabajo al fallo		Mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Trabajo al fallo		Mecánico
2	A	1	S	S			S						Inspeccionar el estado de los focos.	Diario	Operador

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

68

Tabla 49-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (cabina y herramientas)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Subsistema N°: Cabina y herramienta 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021		De:1
F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del cucharón.	300 h	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de las cuchillas y dientes	300 h	Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de la pluma.	300 h	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de los graseros.	300 h	Mecánico

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 50-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de frenos)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021	Hoja N°: 1	
			Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01				Subsistema N°: Sistema de frenos 01			Auditor:			Fecha: 23-02-2021	De: 1	
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	S			S						Inspeccionar el estado de la palanca de accionamiento manual.	Diario	Operador
1	A	2	S	S			S						Inspeccionar el estado del freno de servicio.	Diario	Operador
1	A	3	S	S			S						Inspeccionar el estado de la válvula de freno	Diario	Operador

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

06

Tabla 51-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (sistema de dirección)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01			Facilitador: Changuán Cristhian - Caisa David			Fecha:	Hoja N°:	
			Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01				Subsistema N°: Sistema de dirección 01			Auditor:			Fecha:	De	
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	S			S						Inspeccionar el estado del varillaje de dirección.	Diario	Operador
1	A	2	S	S			S						Inspeccionar el estado de las mangueras de dirección.	Diario	Operador

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 52-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (swing)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1	
			Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01				Subsistema N°: Swing 01					Auditor:			Fecha: 23-02-2021	
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta		Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
							O1	O2	O3							
							N1	N2	N3							
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del motor de giro.	Diario	Operador	
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el nivel de aceite hidráulico	Diario	Operador	
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar la corona de la tornamesa.	Diario	Operador	

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 53-3: Hoja de decisión RCM: excavadora hidráulica 320D 01 (habitáculo y bastidor)

HOJA DE DECISIÓN RCM			Área: flota vehicular				Sistema N°: EH 01			Facilitador: Changuán, Cristhian- Caisa, David			Fecha: 23-02-2021		Hoja N°: 1	
			Sistema: EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01				Subsistema N°: Habitáculo y bastidor 01					Auditor:			Fecha: 23-02-2021	
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta		Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
							O1	O2	O3							
							N1	N2	N3							
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del bastidor.	Diario	Operador	
2	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de la cabina.	Diario	Operador	
3	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado del cinturón de seguridad.	Diario	Operador	
3	A	2	S	N	N	S	N	S					Lubricar las bisagras de la puerta.	300 h	Mecánico	

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Las demás hojas de decisión del RCM se encuentran en el anexo G.

3.4.4 Factibilidad y sostenibilidad técnica

Una tarea es técnicamente factible, si físicamente reduce las consecuencias de un modo de fallo asociado, a un nivel que sea aceptable para el usuario del activo.

Para determinar la factibilidad técnica de tareas de reacondicionamiento, sustitución cíclica y basadas a condición se deben considerar ciertos criterios (ver Tabla 13-2); entre los primeros destaca la presencia de un punto donde haya un incremento de la probabilidad condicional de fallo, lo que puede ser identificado mediante patrones de fallo (ver Tabla 36-3)

El modo de fallo inyectores obstruidos por suciedad de acuerdo al análisis realizado con el patrón de fallo C, mostró un incremento de probabilidad de fallo, criterio para saber si la tarea es técnicamente factible. Las actividades de mantenimiento de la Tabla 54-3 fueron analizadas bajo criterios de factibilidad.

Tabla 54-3: Tareas de mantenimiento para el camión NLR E55.

Modo de fallo		Tarea de mantenimiento
Motor de combustión		
1.A.1	Inyectores obstruidos por suciedad.	Limpiar los inyectores.
1.A.3	Filtros de aire obstruido por suciedad	Cambiar filtro de aire.
2.A.1	Líquido refrigerante recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	Cambiar líquido refrigerante.
2.A.2	Mangueras rotas del radiador por exceso de presión.	Inspeccionar el estado de las mangueras.
2.A.4	Termostato permanentemente cerrado por oxidación.	Cambiar termostato.
2.A.5	Radiador con fugas por corrosión.	Inspeccionar el estado del radiador.
3.A.1	Tanque de combustible sucio por la presencia impurezas.	Limpiar tanque de combustible.
3.A.2	Tanque de combustible agrietado por corrosión.	Inspeccionar el estado del tanque de combustible.
3.A.3	Cañería del circuito de alimentación con fugas por corrosión.	Inspeccionar el estado de las cañerías del circuito de alimentación de combustible.
3.A.4	Filtro de combustible obstruido por la presencia de impurezas.	Cambiar filtro de combustible.
4.A.1	Aceite de motor recalentado por la degradación y perdidas de propiedades.	Cambiar aceite del motor.
4.A.2	Filtros de aceite obstruido por suciedad.	Cambiar filtros de aceite.
4.A.3	Empaques de culata con fuga de aceite por deterioro del aislamiento.	Inspeccionar empaques de culata.
Transmisión de potencia		
1.A.3	Aceite de la caja recalentado por la degradación y perdidas de propiedades.	Cambiar aceite de la caja de cambios.
1.A.4	Cruceta de cardan desgastado por falta de lubricación. .	Engrasar crucetas de cardan.
Chasis y carrocería		
1.A.1	Vehículo incapaz de transportar personal y carga.	Inspeccionar el estado del chasis.
2.A.1	Vehículo incapaz de Transportar con seguridad a los ocupantes del vehículo.	Inspeccionar el cinturón de seguridad.
2.A.2	Bisagras dañadas por falta de lubricación.	Lubricar las bisagras de la puerta.
3.A.1	Aire acondicionado sin carga por uso.	Recargar el aire acondicionado.
Sistema de freno		
1.A.1	Zapatas dañadas por excesivo desgaste	Inspeccionar el estado de las zapatas.
1.A.2	Tambor de freno con ralladura por acumulación de materiales abrasivos.	Inspeccionar el tambor.

Continúa

Continúa

1.A.3	Discos de freno desgastado por excesiva manipulación del pedal.	Inspeccionar el disco de embrague.
1.A.4	Pérdida de presión de la bomba de freno hidráulico por desgaste del sello.	Inspeccionar el estado de la bomba de freno.
1.A.5	Líquido de freno recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	Cambiar el líquido de freno.
Sistema eléctrico		
1.A.1	Bujías de precalentamiento con presencia de hollín producto de la combustión.	Cambiar bujías de precalentamiento
1.A.3	Batería descargada por falta de agua destilada.	Inspeccionar nivel de agua de batería y rellenar.
2.A.1	Elementos de iluminación quemados (focos, alógenos.) por cortocircuitos.	Inspeccionar estado de focos.
Sistema de dirección		
1.A.1	Aceite hidráulico de dirección recalentado por la degradación y pérdidas de propiedades.	Cambiar el aceite hidráulico
1.A.2	Mangueras rotas por exceso de presión.	Inspeccionar el estado de las mangueras
1.A.3	Travesaño doblado o roto por impactos.	Inspeccionar estado de pines y bocines del frontal.
1.A.4	Desgaste del cuerpo de la rótula por falta de lubricación.	Inspeccionar el cuerpo de la columna de dirección.
1.A.5	Barra estabilizadora doblada o rota por impactos.	Inspeccionar la barra estabilizadora
Sistema de suspensión		
1.A.1	Hoja de ballesta rota por excesiva carga.	Inspeccionar las hojas de ballesta
1.A.2	Amortiguadores dañados por excesiva carga.	Inspeccionar los amortiguadores.
1.A.3	Neumáticos fisurados por desgaste.	Inspeccionar el estado de los neumáticos.

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Establecer una frecuencia de mantenimiento óptima reducirá la probabilidad de un fallo o sus consecuencias, por ello se deben asignar frecuencias confiables a las tareas de la Tabla 54-3. Para llevar a cabo esto, en la literatura se mencionan ciertos criterios que pueden ser aplicables para este fin. Uno de los criterios mencionados en la literatura es el analítico-estadístico; ante esto se propuso un modelo matemático el cual radica en base a la función de distribución de Weibull, cuya versatilidad y flexibilidad permite su aplicación en la modelación de diversos procesos o fenómenos de ingeniería industrial que involucren problemas relativos a fatiga y vida de componentes y materiales.

La distribución de Weibull es un método probabilístico capaz de analizar y modelar diferentes tipos de fallas: tempranas, aleatorias y las ocasionadas por desgaste del equipo; permitiendo determinar la probabilidad de supervivencia de un componente o elemento en un periodo de tiempo, lo que permite calcular el tiempo de intervención de una tarea de mantenimiento.

Como es conocido los fallos resultan ser eventos no deseados que pueden producirse en cualquier instante de tiempo, obteniendo así datos dispersos los cuales resultan ideales para aplicar Weibull; por ello ante lo mencionado no deben considerarse datos procedentes de tareas de mantenimiento preventivo pues estas se ejecutan a intervalos de tiempo predeterminados. Es importante acotar que para realizar el análisis de Weibull y poder determinar frecuencias de mantenimiento confiables, se debe tener un mínimo de tres datos los cuales correspondan a información de la tarea de mantenimiento correctiva a estudiar, es decir disponer de un registro de fallos; pues esta

distribución se caracteriza por considerar fallos variables los cuales pueden comportarse de diferente manera a lo largo del tiempo que suele considerarse tiempo normal de uso.

La correcta aplicación de Weibull depende en gran medida de la calidad de los datos disponibles, en este caso el departamento de mantenimiento de la flota vehicular de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. Al no registrar adecuadamente la información de los mantenimientos correctivos de los vehículos, dificultó la aplicación de la distribución de Weibull. Por otro lado, se obtuvo ciertos registros de mantenimiento de algunas tareas preventivas como el cambio de filtro, cuyos valores no fueron pertinentes para aplicar esta distribución. Por tal razón se procedió a calcular las frecuencias de mantenimiento de las tareas determinadas anteriormente mediante los siguientes criterios: experiencia del personal de mantenimiento de la flota vehicular y consulta en manuales de mantenimiento.

Es así que la distribución de Weibull utiliza datos de tiempo de fallos para realizar una evaluación de sus parámetros (escala y forma), para esto existe varios métodos entre los cuales está el rango mediano que fue explicado en la literatura. Conocido los parámetros de Weibull se puede determinar el tiempo de intervención de cualquier tarea de mantenimiento correctiva a analizar mediante la ecuación (16), y para la tasa de fallos la expresión (15).

$$t = \eta * \left\{ \ln \left[\frac{1}{R(t)} \right] \right\}^{\frac{1}{\beta}} \quad (16)$$

Para mayor exactitud en el cálculo de la tasa de fallos se utiliza su ecuación acumulada la cual se obtiene por integración de la ecuación (15).

$$\lambda(t) = h(t) = \beta \frac{t^{\beta-1}}{\eta^\beta} \quad (15)$$

$$H(t) = \int_0^t \beta \frac{t^{\beta-1}}{\eta^\beta} dt$$

$$H(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} \left[\frac{t^{\beta-1+1}}{\beta-1+1} \right]_0^t$$

$$H(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} \left(\frac{t^\beta}{\beta} - \frac{0^\beta}{\beta} \right)$$

$$H(t) = \left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta$$

3.4.5 Plan de Mantenimiento

En la Tabla 55-3 y 56-3 se muestran los planes de mantenimiento preventivo y su respectiva logística para el camión y excavadora hidráulica respectivamente.

Tabla 55-3: Plan de mantenimiento preventivo de camión Chevrolet NLR E55 03

Sistema:	CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				código:	CM03	LOGISTICA							
Subsistema	Descripción de la tarea	frecuencias				Materiales		Repuestos		Mano de obra			Herramientas	
		Diario	5.000 km	30.000 km	60.000 km	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Tiempo est.	Descr.	Cant.
Motor de combustión interna 01	Limpiar los inyectores.				X	trapo	2			Mecánico	1	45	caja de herramientas	1
						desengrasante	1							
						penetrante	1							
	Cambiar filtro de aire.		X			trapo	2	filtro de aire	1	Mecánico	1	10	caja de herramientas	1
						desengrasante	1							
						absorbente	2							
	Cambiar líquido refrigerante.			X		trapo	1	líquido refrigerante	2gal	Mecánico	1	10	caja de herramientas	1
						absorbente	2							
	Inspeccionar el estado de las mangueras.	X				trapo	1			Operador	1	5		
	Cambiar termostato.			X		trapo	1	termostato	1	Mecánico	1	20	caja de herramientas	1
					desengrasante	1								
Inspeccionar el estado del radiador.	X				trapo	1			Operador	1	5			
Limpiar tanque de combustible.			X		trapo	1			Mecánico	1	30	caja de herramientas	1	
					desengrasante	2								
Inspeccionar el estado del tanque de combustible.	X				trapo	1			Operador	1	5			
Inspeccionar el estado de las cañerías del circuito de alimentación de combustible.				X	trapo	1			Mecánico	1	5	caja de herramientas	1	
Cambiar filtro de combustible.		X			trapo	2	filtro de combustible	1	Mecánico	1	10	caja de herramientas	1	
					desengrasante	1								
					absorbente	2								

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 55-3: Plan de mantenimiento preventivo de camión Chevrolet NLR E55 03

Sistema:	CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				código:	CM03	LOGISTICA										
	Subsistema	Descripción de la tarea	frecuencias				Materiales		Repuestos		Mano de obra			Herramientas			
			Diario	5.000 km			30.000 km	60.000 km	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Tiempo est.	Descr.	Cant.
		Cambiar aceite del motor.		X			trapo	1	aceite SAE 15W40	2 gal	Mecánico	1	10	caja de herramientas	1		
						absorbente	2										
		Cambiar filtros de aceite.		X			trapo	1	filtro de aceite	1	Mecánico	1	10	caja de herramientas	1		
						absorbente	2	llave de filtros						1			
		Inspeccionar empaques de culata.		X			trapo	1			Mecánico	1	5				
Transmisión de potencia 01		Cambiar aceite de la caja de cambios.			X		trapo	1	aceite SAE 85W90	1 gal	Mecánico	1	10	caja de herramientas	1		
						absorbente	2										
		Engrasar crucetas de cardan.		X			trapo	1	grasa	1 libra	Mecánico	1	10	caja de herramientas	1		
						absorbente	1						engrasadora	1			
Chasis y carrocería 01		Inspeccionar el estado del chasis	X								Operador						
		Inspeccionar cinturón de seguridad.	X								Operador	1	5				
		Lubricar las bisagras de la puerta.		X			trapo	2			Mecánico	1	5	aceitera industrial	1		
							aceite	1									
		Recargar el aire acondicionado.			X	trapo		Kit de reparación		Mecánico	1	10	caja de herramientas	1			
					freon												
Sistema eléctrico 01		Cambiar de bujías de precalentamiento				X	trapo	2	bujías de precalentamiento	4	Mecánico	1	30	caja de herramientas	1		
						desengrasante	1										
		Inspeccionar el nivel de agua de batería y rellenar.		X				trapo	1	agua destilada	2lt	Mecánico	1	5	desarmador	1	
		Inspeccionar los focos.	X								Operador	1	5				
Sistema de freno 01		Inspeccionar las zapatas.		X			trapo	2			Mecánico	1	10	caja de herramientas	1		
							desengrasante	1									
		Inspeccionar el tambor		X				trapo	2			Mecánico	1	10	caja de herramientas	1	
								desengrasante	1								
		Inspeccionar el disco de freno		X				trapo	2			Mecánico	1	10	caja de herramientas	1	
								desengrasante	1								
						desengrasante	1										

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 55-3: Plan de mantenimiento preventivo de camión Chevrolet NLR E55 03

Sistema:	CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03				código:	CM03	LOGISTICA							
Subsistema	Descripción de la tarea	frecuencias				Materiales		Repuestos		Mano de obra			Herramientas	
		Diario	5.000 km	30.000 km	60.000 km	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Tiempo est.	Descr.	Cant.
	Inspeccionar el estado de la bomba de freno		X			trapo	2			Mecánico	1	5	caja de herramientas	1
						desengrasante	1							
	Cambiar el líquido de freno.			X		trapo	1	liquido de freno	1lt	Mecánico	1	5	caja de herramientas	1
Sistema de suspensión 01	Inspeccionar las hojas de ballesta		X							Mecánico	1	5		
	Inspeccionar los amortiguadores.		X							Mecánico	1	5		
	Inspeccionar el estado de los neumáticos.	X								Operador	1	5		
Sistema de dirección 01	Cambiar el aceite hidráulico			X		absorbente	1	aceite hidráulico Mobile ATF 250	2lt	Mecánico	1	10	caja de herramientas	1
	Inspeccionar el estado de las mangueras		X							Mecánico	1	5		
	Inspeccionar el estado de pines y bocines del frontal.		X							Mecánico	1	5		
	Inspeccionar el cuerpo de la columna de dirección.		X							Mecánico	1	5		
	Inspeccionar la barra estabilizadora		X							Mecánico	1	5		

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 56-3: Plan de mantenimiento preventivo de excavadora hidráulica 320D 01

Sistema:	EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D		Código:	EH01		LOGÍSTICA											
Subsistema	Descripción de la tarea	Frecuencias						Materiales		Repuestos		Mano de obra			Herramientas		
		Diario	300 h	400 h	1.200 h	1.500 h	3.600 h	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Tiempo est.	Descr.	Cant.	
Motor de combustión interna 01	Limpiar los inyectores.					X		Trapo	2			Mecánico	1	60	Caja de herramientas	1	
								Desengrasante	1								
								Penetrante	1								
	Limpiar filtro de aire.		X						Trapo	2	filtro de aire primario	1	Mecánico	1	15	Caja de herramientas	1
									Desengrasante	1	filtro de aire secundario	1					
									Absorbente	2							
	Cambiar líquido refrigerante.						X		Trapo	1	líquido refrigerante	8 gal	Mecánico	1	20	Caja de herramientas	1
									Absorbente	2							
	Inspeccionar el estado de las mangueras.	X							Trapo	1			Operador	1	5		
	Cambiar termostato.						X		Trapo	1	termostato	1	Mecánico	1	30	Caja de herramientas	1
									Desengrasante	1							
	Inspeccionar el estado del radiador.	X							Trapo	1			Operador	1	5		
	Limpiar tanque de combustible.						X		Trapo	1			Mecánico	1	40	Caja de herramientas	1
									Desengrasante	2							
	Inspeccionar el estado del tanque de combustible.	X							Trapo	1			Operador	1	5		
	Inspeccionar el estado de las cañerías del circuito de alimentación de combustible.	X							Trapo	1			Operador	1	5	Caja de herramientas	1
Cambiar filtro de combustible.		X						Trapo	2	filtro de combustible primario	1	Mecánico	1	20	Caja de herramientas	1	
								Desengrasante	1	filtro secundario	1						
								Absorbente	2	separador de agua	1						
Cambiar aceite del motor.		X						Trapo	1	aceite SAE 15W40	8 gal	Mecánico	1	15	Caja de herramientas	1	
								Absorbente	2								

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 56-3: Plan de mantenimiento preventivo de excavadora hidráulica 320D 01

Sistema:	EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D		Código:	EH01		LOGÍSTICA											
Subsistema	Descripción de la tarea	Frecuencias						Materiales		Repuestos		Mano de obra			Herramientas		
		Diario	300 h	400 h	1.200 h	1.500 h	3.600 h	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Tiem est.	Descr.	Cant.	
	Cambiar filtros de aceite.		X					Trapo	1	filtro de aceite	1	Mecánico	1	15	Caja de herramientas	1	
								Absorbente	2					llave de filtros	1		
	Inspeccionar empaques de culata.	X						Trapo	1			Operador	1	5			
Sistema hidráulico 01	Inspeccionar el estado de los retenedores de la bomba hidráulica.				X			Absorbente	2			Mecánico	1	30	Caja de herramientas		
	Cambiar el aceite hidráulico						X	Absorbente	2	aceite ATF 22	45 gal	Mecánico	1	20	Caja de herramientas	1	
								embudo	1								
	Inspeccionar el estado del tanque de aceite hidráulico.	X										Operador	1	5			
	Cambiar filtro de aceite hidráulico			X					Absorbente	1	filtro de aceite	1	Mecánico	1	10	Caja de herramientas	1
															llave de filtros	1	
	Inspeccionar el estado de las mangueras.	X											Operador	1	5		
	Inspeccionar el estado de retenedores hidráulicos de la pluma.				X				Absorbente	2			Mecánico	1	5	Caja de herramientas	1
								Desengrasante	1								
Inspeccionar el estado los retenedores hidráulicos del brazo.				X				Absorbente	2			Mecánico	1	5	Caja de herramientas	1	
								Desengrasante	1								
Inspeccionar el estado de retenedores hidráulicos del cucharón.				X				Absorbente	2			Mecánico	1	5	Caja de herramientas	1	
								Desengrasante	1								
Tren de rodaje 01	Inspeccionar el estado de la cadena.	X										Operador	1	5			
	Inspeccionar el estado de los mandos finales.						X					Mecánico	1	15			
	Inspeccionar la tensión de la cadena.		X									Mecánico	1	5			

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 56-3: Plan de mantenimiento preventivo de excavadora hidráulica 320D 01

Sistema:	EXCAVADORA CATERPILLAR 01	HIDRÁULICA	320D	Código:	EH0 1	LOGÍSTICA										
Subsistema	Descripción de la tarea	Frecuencias						Materiales		Repuestos		Mano de obra			Herramientas	
		Diario	300 h	400 h	1.200 h	1.500 h	3.600 h	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Descr.	Cant.	Tiem est.	Descr.	Cant.
	Inspeccionar el estado de los rodillos.	X										Operador	1	5		
	Inspeccionar el estado de los pines y bocines.	X										Operador	1	5		
	Cambiar de bujías de precalentamiento						X	Trapo Desengrasante	2 1	bujías de precalentamiento	6	Mecánico	1	40	Caja de herramientas	1
Sistema eléctrico 01	Inspeccionar el nivel de agua de batería y rellenar.		X					Trapo	1	agua destilada	2lt	Mecánico	1	5	Desarmador	1
	Inspeccionar el estado de los focos.	X										Operador	1	5		
	Cabina y herramienta 01	Inspeccionar el estado del cucharón.		X									Mecánico	1	5	
Inspeccionar el estado de las cuchillas y dientes.			X									Mecánico	1	5		
Inspeccionar el estado de la pluma.			X									Mecánico	1	5		
Inspeccionar el estado de los graseros.			X									Mecánico	1	5		
Sistema de frenos 01	Inspeccionar el estado de la palanca de accionamiento manual.	X										Operador	1	5		
	Inspeccionar el estado del freno de servicio.	X										Operador	1	5		
	Inspeccionar el estado de la válvula de freno.	X										Operador	1	5		
Sistema de dirección 01	Inspeccionar el estado del varillaje de dirección.	X										Operador	1	5		
	Inspeccionar el estado de las mangueras de dirección.	X										Operador	1	5		

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Tabla 56-3: Plan de mantenimiento preventivo de excavadora hidráulica 320D 01

Sistema:	EXCAVADORA CATERPILLAR 01	HIDRÁULICA	320D	Código:	EH0 1	LOGÍSTICA										
Subsistema	Descripción de la tarea	Frecuencias						Materiales		Repuestos		Mano de obra			Herramientas	
		Diario	300 h	400 h	1.200 h	1.500 h	3.600 h	Descr.	Cant	Descr.	Cant	Descr.	Cant	Tiempo est.	Descr.	Cant
Swing 01	Inspeccionar el estado del motor de giro.	X										Operador	1	5		
	Inspeccionar el nivel de aceite hidráulico.	X										Operador	1	5		
	Inspeccionar la corona de la tornamesa.	X										Operador	1	5		
Habitáculo y bastidor 01	Inspeccionar el estado del bastidor.	X										Operador	1	5		
	Inspeccionar el estado de la cabina.	X										Operador	1	5		
	Inspeccionar el estado del cinturón de seguridad.	X										Operador	1	5		
	Lubricar bisagras de puerta.		X						aceite	1			Mecánico	1	5	aceitera industrial

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

3.5 Sistematización del plan de mantenimiento

En este apartado se desarrollará sobre la sistematización del plan de mantenimiento preventivo de la flota vehicular de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. Para este fin, se utilizó el software SisMAC (Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora)

Además de abordará sobre la capacitación impartida al personal de mantenimiento sobre la manipulación del software de gestión empleado.

3.5.1 *Sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora (SisMAC)*

SisMAC es un programa informático que permite almacenar y planificar las actividades de mantenimiento para su posterior ejecución de forma controlada y eficiente, es por ello que es utilizado por diferentes usuarios, organizaciones, empresas etc. Este software al ser catalogado como herramienta informática facilita la toma de decisiones dentro de la organización.

Además de las características mencionadas, SisMAC en forma específica presenta varios módulos destacando los siguientes: inventario técnico de instalaciones, fichas técnicas, documentación técnica, banco predefinido y configurable de tareas de mantenimiento, programación paramétrica de tareas y rutinas, programación y control de contadores; además posee una interfaz intuitiva para cualquier usuario con previa capacitación y sobre todo cuenta con una plataforma en la red favoreciendo su acceso.

Por todo lo indicado se eligió a este software para cumplir el objetivo de sistematización del presente trabajo.

3.5.1.1 *Ingreso al software SisMAC*

Para acceder a este software se requiere que el computador a utilizar esté conectado a una red de internet y seguidamente ingresar a la dirección electrónica: <https://cloud.SisMAC.net/> donde se debe registrar el usuario general (3r) y contraseña asignados como se observa en la Figura 5-3.

Seguidamente de la pantalla mencionada se generó una nueva donde se borró el campo de usuario personal y se ingresó la contraseña como se muestra en la en la captura Figura 6-3.

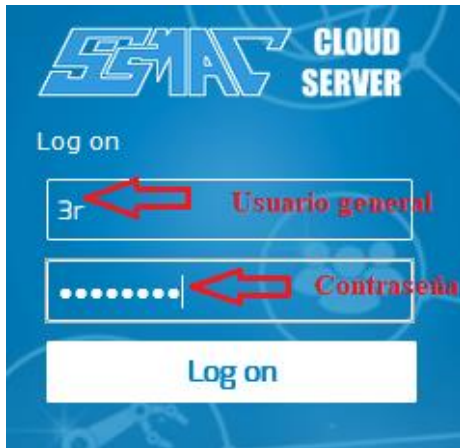


Figura 5-3: Pantalla de ingreso a SisMAC
Fuente: SisMAC



Figura 6-3: Ingreso al usuario personal
Fuente: SisMAC

Luego de ingresar el usuario y contraseña personal, SisMAC presenta una vista global del sistema la cual está formada por tres secciones principales como se indica en la captura de pantalla de la Figura 7-3. A continuación se describe las secciones mencionadas.

1. En la sección lateral izquierda se muestra la opción de “ vista global” del sistema, esta despliega varios módulos: infraestructura, fichas técnicas, LBR, mantenimiento, inventarios, compras, activos, personal, multimedia, biblioteca, informes, migrar desde excel.
2. En la sección central se presentan las opciones para ingresar, configurar, eliminar, navegar etc información referente a inventario tecnico y planificación del mantenimiento.
3. En la parte lateral derecha se visualiza el logo de la entidad u organización

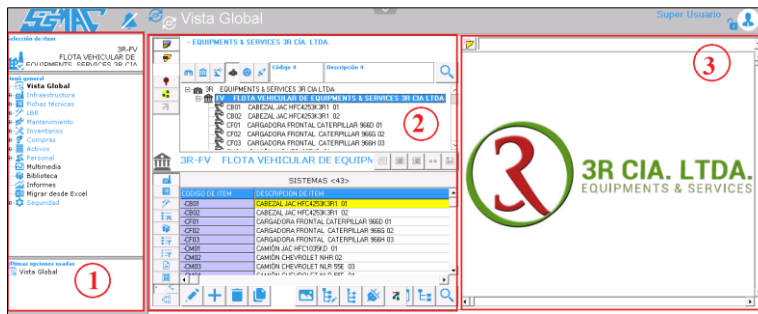


Figura 7-3: Vista Global de SisMAC
Fuente: SisMAC

Para realizar la sistematización del plan de mantenimiento preventivo se siguió los siguientes pasos:

- Ingreso de datos (inventario y fichas técnicas)
- Asignación de tareas
- Programación
- Documentación

3.5.1.2 Ingreso de datos

En este apartado se mostrará el ingreso del inventario técnico y el diseño/registro de fichas técnicas de la flota vehicular.

3.5.1.3 Inventario técnico

Elaborado el inventario técnico de la flota vehicular de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA, se procedió a ingresarlo a SisMAC considerando los niveles jerárquicos que presenta este software, el cual sigue los lineamientos de la norma ISO 14224. En la Figura 8-3 se muestra el inventario técnico ingresado a SisMAC

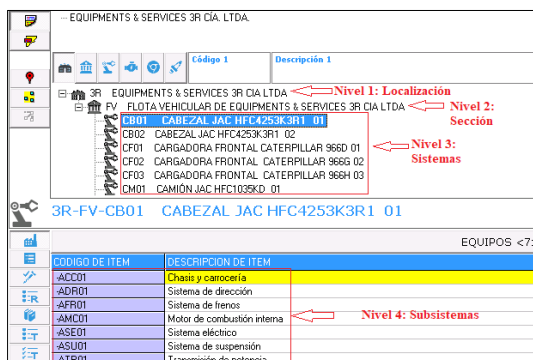


Figura 8-3: Inventario técnico ingresado
Fuente: SisMAC

3.5.1.4 Fichas técnicas

Ingresado el inventario técnico a SisMAC, se procedió a diseñar y asignar la ficha técnica a cada vehículo liviano, pesado y maquinaria de la flota; esto se realizó mediante la información recolectada de marca, modelo, serie, fotografía etc.

Es importante recalcar que en SisMAC se puede diseñar fichas técnicas acorde a parámetros necesarios. En la Figura 9-3 se observa una captura de pantalla de la ficha técnica elaborada.

Modelo	NLR 55E CAMIÓN CHASIS CABINADO	Ancho, m	1.815
No. de Chasis	JAANLR55EC7102134	Alto, m	2.15
Disco		Peso, Ton	2.8
No. de Motor	4JB1171301	Neumáticos	
Tipo de Vehículo	Camión	Número de neumáticos	4
Tipo de combustible	Diesel	Capacidad aceite Motor, Gl	0
Año de fabricación	2012	Capacidad refrigerante motor, Gl	0
Placa	PBX9011		
Conductor/Operador			
Imagen			
			

Figura 9-3: Ficha técnica elaborada
Fuente: SisMAC

En el anexo C se hallan contenidas todas las fichas técnicas de todos los vehículos livianos, pesados y maquinaria de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

3.5.1.5 Asignación de tareas de mantenimiento

Para asignar las tareas de mantenimiento a los vehículos livianos, pesados y maquinaria de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA, se creó primero un banco de tareas clasificado según el tipo de tarea (inspecciones preventivas, lubricación/consumos, trabajos preventivos, reemplazos) y subsistema. Luego de haber hecho esto se procedió a asignar las tareas al cuarto nivel del inventario (motor de combustión, sistema de frenos etc.,) de acuerdo al plan de mantenimiento preventivo elaborado anteriormente para su posterior programación.

En la Figura 10-3 se visualiza la captura de pantalla de la asignación de tareas de mantenimiento para el camión Chevrolet NLR 55E 03

CODIGO DE ITEM	COD. TAREA	DESCRIPCION DE TAREA
	T:A001	Cambio de aceite caja de cambios
	T:A001	Cambio de liquido de freno
	T:A001	Cambio de aceite de la dirección
	T:A001	Cambio de aceite motor
	T:A002	Cambio de filtro de aceite
	T:A002	Aplicación de grasa en bigas de puerta
	T:A003	Frecuiga de aire acondicionado
	T:A003	Cambio de filtro (s) de combustible
	T:A004	Engrasar arbol de la transmisión y crusetas
	T:A005	Cambio de filtro (s) de aire
	T:A007	Cambio de liquido refrigerante
	T:R001	Inspección de estado hojas de balasta

Figura 10-3: Tareas asignadas
Fuente: SisMAC

3.5.1.6 Asignación de parámetros (tareas de mantenimiento)

En la captura de pantalla de la Figura 11-3 se observa la configuración de varios parámetros para las tareas de mantenimiento, en este caso para el cambio de filtro de aceite del camión Chevrolet NLR E55 se configuró: frecuencia, última fecha de ejecución, próxima fecha de ejecución y logística que se requiera para llevar a cabo la tarea.

Figura 11-3: Configuración de tareas de mantenimiento
Fuente: SisMAC

3.5.1.7 Programación del mantenimiento

Para la generación del cronograma de mantenimiento se debe configurar el modo de operación primario (MOP) e ingresar un contador pues la frecuencia fue ingresada en kilómetros (ver Figura 12-3).

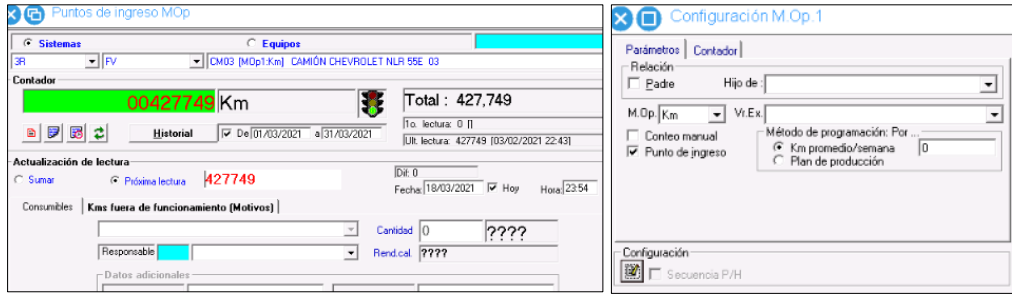


Figura 12-3: Configuración de MOp.1/Punto de ingreso MOp
Fuente: SisMAC

3.5.1.8 Documentos de mantenimiento

SisMAC dispone de diseños y de las herramientas necesarias para generar documentos de mantenimiento como: orden de trabajo, solicitud de trabajo y solicitud de materiales. La orden de trabajo (OT) se genera para mantenimiento correctivo y preventivo. Al ingresar a SisMAC, el responsable del control de mantenimiento de un área puede emitir solicitudes de trabajo hacia el personal pertinente para notificar fallos existentes; para generar una orden de trabajo correctivo (Ver Figura 14-3), se requiere primero de una solicitud, por otro lado, para una preventiva se generará automáticamente en base al plan de mantenimiento preventivo. Los campos a llenar para emitir este tipo de documento se muestran en la Figura 13-3.

Empresa		ORDEN DE TRABAJO		No.	# O.T.
C.COSTO Centro de costo	FECHA PROG. Fecha	FECHA INICIO Fecha inicio	FECHA FIN Fecha Fin		
UBICACION Ubicación física	SOLICITA Dpto. solici.		EJECUTA Dpto. ejctte.	PRVDR. Proveedor	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO Descripción del trabajo					
DATOS ADICIONALES Datos adicionales					
TAREAS Tareas					
MATERIALES / REPUESTOS Materiales/Repuestos					
PERSONAL REQUERIDO Personal requerido					
OBSERVACIONES GENERALES Observaciones generales			OBSERVACIONES SEGURIDAD Observaciones de seguridad		
Aprobación (*)		Fecha (*)			
			Empleado (*)		

Figura 13-3: Orden de trabajo de SisMAC
Fuente: SisMAC

Para la ejecución de ciertas tareas de mantenimiento se requiere de ciertos materiales o repuestos para llevarlas a cabo, es por ello que SisMAC dispone de un formato de solicitud de materiales; el uso de este documento permitirá llevar un inventario de materiales y repuestos actualizado.

Descripción (Trabajo a ejecutar)		H.O.T.
Equipo no funcional		Fecha: 15/03/2021 20:14
Detos básicos Datos adicionales Programación Costeo Reporte Estado		
Destino 3R-FV-CM03-ACC01		
Tipo de OT Correctiva	Tipo específico OT	
Motivo de trabajo Deterioro / Desgaste	Motivo específico	
Departamento solicitante MANTENIMIENTO	Sección solicitante	
Departamento ejecutante MANTENIMIENTO	Sección ejecutante	
<input type="checkbox"/> Externa	Proveedor sugerido	
<input type="checkbox"/> Servicio		
Centro de costo	Cuenta contable	

Figura 14-3: Orden de trabajo correctiva
Fuente: SisMAC

3.5.2 Capacitación al personal técnico

En forma general la capacitación realizada en la empresa EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA, se orientó al manejo adecuado de SisMAC, software donde el plan de mantenimiento preventivo elaborado en el presente trabajo fue sistematizado. Esta actividad fue enfocada al personal de mantenimiento de la flota vehicular, quienes son los responsables que los vehículos y maquinaria se encuentren disponibles.

3.5.2.1 Cronograma de capacitación

El personal de mantenimiento de la flota vehicular serán los encargados de manipular el plan de mantenimiento preventivo es por ello que la capacitación se llevó acabo con los temas más importantes. En la Tabla 57-3 se detalla los temas de capacitación impartidos al personal de mantenimiento y su respectiva duración.

Tabla 57-3: Cronograma de capacitación

Cronograma de capacitación			
Objetivo de la capacitación: Socializar la sistematización del plan de mantenimiento preventivo de la flota vehicular			
Responsables de capacitación: Changuán Cristhian Caisa David			
Fecha	Tema	Materiales/recursos	Duración
15/03/2021	Plan de mantenimiento preventivo de la flota vehicular	Infocus Esferos Hoja de apuntes	15 minutos
15/03/2021	SisMAC (Sistema de Gestión de Mantenimiento asistido por Computadora)		15 minutos
15/03/2021	Ingreso e Interfaz de SisMAC		15 minutos
15/03/2021	Herramientas principales de SisMAC		30 minutos
15/03/2021	Plan de mantenimiento preventivo sistematizado en SisMAC		15 minutos
15/03/2021	Generación de documentos de mantenimiento en SisMAC		15 minutos

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

3.5.2.2 Personal capacitado

Para mayor detalle sobre la capacitación en la Tabla 58-3 se muestra la nómina del personal capacitado.

Tabla 58-3: Nómina de personal capacitado

Nómina de personal capacitado				
Fecha de capacitación:				
Ítem	Nombres	Cédula	Área de trabajo	Especialidad
1	Edwin Javier Pita García	2300610124	Mecánica	Técnico mecánico
2	Raúl Hernán Chanatasi Tonato	0500884515	Mecánica	Técnico mecánico
3	Francisco Javier Rosero Aguilar	0926093717	Mecánica	Técnico mecánico
4	Henry Iván Parreño Villafuerte	1711758712	Administración	Ingeniero de contabilidad y Auditoría

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este apartado se presenta los resultados obtenidos del desarrollo del presente trabajo.

4.1.1 *Evaluación de gestión de mantenimiento*

En cuanto a la evaluación de la gestión de mantenimiento de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA., en el Gráfico 1-4 se visualiza los criterios de mantenimiento evaluados y su nivel de cumplimiento, se observó que los criterios más alejados del exigido son: control de la gestión de mantenimiento, planificación y programación del mantenimiento y mantenimiento correctivo; esto significa que la gestión de mantenimiento de esta empresa es poco satisfactoria justificando el desarrollo del presente trabajo, por lo que estos criterios fueron tomados como puntos de mejora.

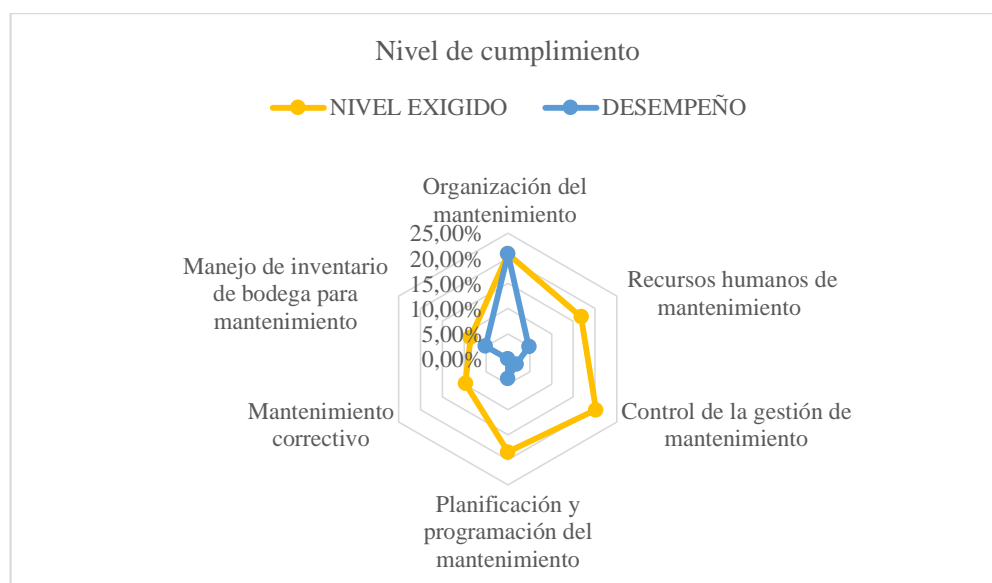


Gráfico 1-4: Nivel de cumplimiento

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

4.1.2 *Análisis de criticidad*

EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA cuenta con una flota vehicular de 43 activos físicos entre: vehículos livianos, pesados y maquinaria. En el Gráfico 2-4, se observa que la mitad de sus activos físicos corresponde a maquinaria pesada.

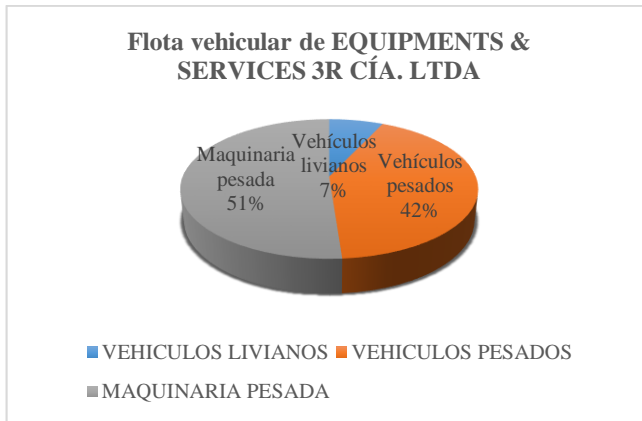


Gráfico 2-4: Activos físicos de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA

Fuente: EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA.

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

En el Gráfico 3-4 se ilustra el resultado del análisis de criticidad, se observa que el 5% de los vehículos son críticos, el 79% son de media criticidad y el 16% son no críticos, evidenciándose un bajo porcentaje de vehículos críticos, a los cuales se les priorizará el trabajo de mantenimiento y se enfocará con mayor cautela la metodología del RCM.

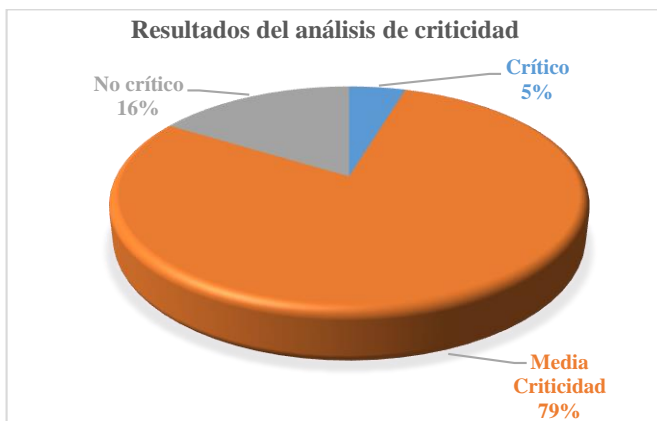


Gráfico 3-4: Resultados del análisis de criticidad

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

4.2 Plan de mantenimiento preventivo

De la aplicación de la metodología del RCM se determinó 1680 tareas de mantenimiento con sus respectivas frecuencias, permitiendo elaborar el plan de mantenimiento preventivo con su logística detallada anteriormente. También se elaboró un cronograma para el año 2021 por semanas (ver Figura 1-4) que permitió para conocer el número de técnicos necesarios para ejecutar el plan desarrollado,

De acuerdo al tiempo de duración de cada tarea de mantenimiento se realizó sumatorias en todas las semanas obteniendo el tiempo a emplear en mantenimiento preventivo, y el correctivo se calculó de acuerdo a una relación entre ambos mantenimientos (del 25%) (ver Figura 5-1).

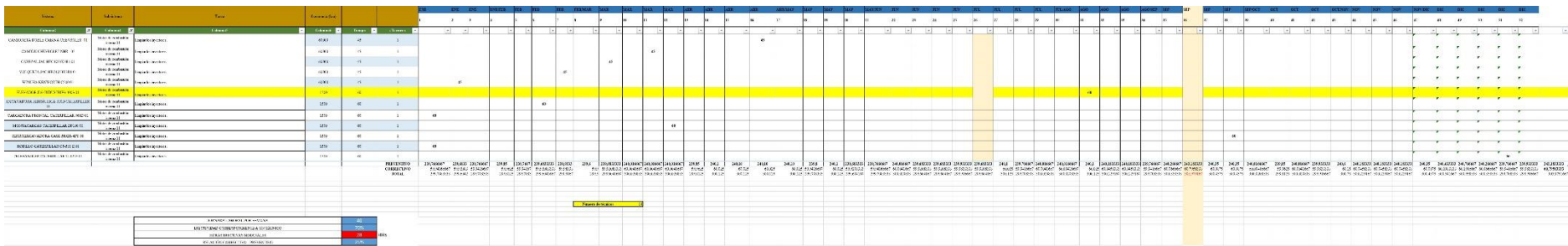


Figura 1-4: Cronograma de mantenimiento

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

112

Se obtuvo que los tiempos máximos semanales en el año para mantenimiento preventivo y correctivo serán de 243,18 y 60,79 minutos respectivamente, y que el tiempo máximo para ambos mantenimientos será de 303,97 minutos.

Al dividir el 303,97 entre las horas efectivas semanales se logró conocer que el número de técnicos necesarios para ejecutar el plan de mantenimiento propuesto será de 11. En el Gráfico 4-4 se muestra el comportamiento de la carga laboral para el año 2021, se observa una completa linealidad demostrándose una distribución adecuada del personal de mantenimiento calculado.

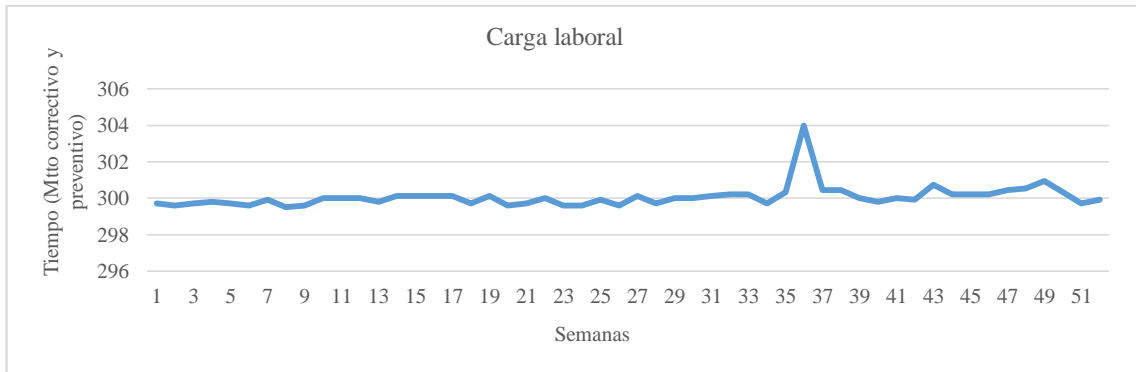


Gráfico 4-4: Distribución de carga laboral

Fuente: Autores

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

Del Gráfico 4-4, se observa un mayor pico en la semana 36, debido a que en esta coincidió la mayoría de las tareas de mantenimiento de cambios de aceite y filtros (aire, combustible y aceite) pues estas deben ser ejecutadas en la misma fecha para optimizar tiempo.

En base al plan de mantenimiento preventivo y mediante SisMAC las tareas fueron asignadas a cada activo físico de la flota vehicular con su respectiva configuración de parámetros y contadores. De esto se obtuvo el cronograma de mantenimiento generado por SisMAC, como se observa en la captura de pantalla de la Figura 2-4. Lo que permitirá una adecuada programación y control de las tareas de mantenimiento.

La imagen muestra la interfaz de usuario de SisMAC para la programación de mantenimiento. En la parte superior, hay filtros para 'Asignación' (Dpt./Secc., Empleado, Proveedor) y 'Fecha' (Última, Próxima). La sección principal es 'Datos encontrados', que muestra una tabla con los siguientes encabezados: Em. (2021), Mes (Marzo), Semana, Mes, Año (M), Año (S), 20A, y AMSD. La tabla contiene varias filas de tareas de mantenimiento, cada una con una columna de inicio y una columna de fin, y celdas numeradas que indican la frecuencia de ejecución en cada día del mes.

CODIGO	Equipo	Tarea	Fecha Prc.Ej.	Fecha Prc.Sl.	2/E	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
IR-FV-CM03ACC01	Chasis y carrocería	Inspección de estado de chasis	02/01/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ACC01		Inspección periódica de cinturón de	02/01/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ADR01	Sistema de dirección	Cambio de aceite de la dirección	22/10/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ADR01		Inspección de estado de mangueras	02/01/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ADR01	Sistema de frenos	Inspección de estado de pinos y bujes	19/02/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ADR01		Inspección periódica del cuerpo de	19/02/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM034BR01	Motor de combustión interna	Inspección de de capotas	19/02/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM034BR01		Inspección de estado de mangueras	19/02/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM034MCO1	Sistema eléctrico	Inspección de estado de radiador	02/01/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM034MCO1		Inspección de estado de tanque	02/01/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM034MCO1	Sistema de suspensión	Cambio de filtro de aceite	24/03/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM034MCO1		Inspección de nivel de agua de batería y	19/02/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ASE01	Transmisión de potencia	Inspección de estado de lunetas	02/01/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ASE01		Inspección de estado hojas de balasta	19/02/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ASU01	Transmisión de potencia	Inspección de estado amortiguadores	19/02/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM03ASU01		Inspección de estado de neumáticos	02/01/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM034SU01	Transmisión de potencia	Inspección de estado de bujes	02/01/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR-FV-CM034SU01		Cambio de aceite caja de cambios	22/10/2021	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Figura 2-4: Cronograma de Mantenimiento en SisMAC

Fuente: SisMAC

Realizado por: Changuán, C.; Caisa, D. 2021

CONCLUSIONES

Se realizó la evaluación de la gestión de mantenimiento de EQUIPMENTS & SERVICES 3R CÍA. LTDA. Aplicando un cuestionario estructurado por criterios y subcriterios de mantenimiento, y por medio del análisis de los datos se detectó que la gestión de mantenimiento de esta empresa alcanzó el 37% de desempeño que corresponde a un nivel poco satisfactorio. Se encontró que los criterios de menor puntuación fueron; recursos humanos de mantenimiento (4,86%); control de la gestión de mantenimiento (1,94%); planificación y programación del mantenimiento (3,81%); mantenimiento correctivo (0,0%) y manejo de inventario para bodega de mantenimiento (5,14%).

La flota vehicular de esta empresa está conformada por camionetas, camiones y maquinaria pesada que suman un total de 43 activos físicos, se elaboró el inventario técnico de la flota bajo los criterios de la norma ISO 14224. Además, se realizó el análisis de la criticidad mediante el modelo CTR (Criticidad Total por Riesgo) evidenciándose que el 5% de los vehículos son críticos, el 79% son de media criticidad y el 16% son no críticos.

Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo con su respectiva logística para los 43 activos físicos de la flota, y para su ejecución se requiere de 11 técnicos de mantenimiento. Esto se logró mediante la aplicación de la metodología del RCM de donde se determinó 1680 tareas de mantenimiento y sus frecuencias.

Se capacitó al personal de mantenimiento de la flota vehicular dando a conocer el plan elaborado y su correspondiente sistematización mediante un software de gestión; logrando enfocar a la empresa a un proceso de informatización.

RECOMENDACIONES

Aplicar el instrumento de evaluación de la gestión de mantenimiento transcurrido un año, para evidenciar si los criterios de mantenimiento han mejorado.

Mantener actualizado el inventario técnico para mantenimiento, ya sea por motivos de adquisiciones, modificaciones, venta de vehículos etc.

Implementar un GMAO para la adecuada planificación, programación y control del mantenimiento de los activos físicos de la empresa.

Verificar el funcionamiento de horómetros y hodómetros de la flota vehicular para el control de las actividades de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLAUCA, C., & PILCO, M.** *Plan de mantenimiento preventivo para las áreas de neonatología, laboratorio clínico y cirugía en el hospital general Riobamba-IESS, aplicando estándares de la Organización Mundial de la Salud.* [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba, Ecuador, 2018. [Consulta: 2020-11-17]. Disponible en : <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/9872>
- AZNAR, J., & GUIJARRO, F.** (2012). *Nuevos métodos de valoración. Modelos multicriterio* (Segunda ed.). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- CHANG, M.** *Elaboración de un modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos en base a normativa internacional aplicado al caso de estudio: Unión Cementera Nacional (UCEM) Planta Chimborazo*. [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba, Ecuador, 2019. [Consulta: 2020-11-24]. Disponible en :
- GARCIA, S.** *Organización y gestión integral de mantenimiento* [en línea]. Ediciones Días Santos, S.A. 2008. ISBN9788479788421 . Disponible en : <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788421.pdf>
- HERNÁNDEZ, E., et al.,** Método para el cálculo del costo de la indisponibilidad en procesos productivos. *Revista Perfiles* [en línea]. 2017, Vol.1. 90-98. ISSN 1390-5740. [Consulta: 2020-11-24]. Disponible en: <http://ceaa.espoch.edu.ec:8080/revista.perfiles/faces/Articulos/Perfiles17Art11.pdf>
- ISO 14224.** Petroleum, petrochemical and natural gas industries. 2006
- MARTINEZ, M.** *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la eficiencia de la flota vehicular de la Empresa de transportes M. Catalán SAC. dedicada al transporte de combustibles líquidos.* [en línea] (Trabajo de titulación), Lambayeque, Perú, 2019. [Consulta: 2020-11-30]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/8422>
- MOUBRAY, J.** *Mantenimiento centrado en confiabilidad.RCM2.*2004. Madrid-España.
- NTP 331.** *Fiabilidad: la distribución de Weibull.* 1994.
- PADILLA, C.** *Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado intercultural de la ciudad de Cañar.* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Facultad de Administración de Empresas, Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Cuenca, Ecuador. 2012. [Consulta: 2020-11-30]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3268>

- PADURA, A., et al.** Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos. *Revista de Ingeniería Energética* [en línea]. 2017, vol. XXXVIII(3), septiembre/diciembre, 224-230 ISSN 1815-5901 Disponible en : http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000300009
- PARRA, C., & CRESPO, A.** *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad en la Gestión de Activos: desarrollo y aplicación práctica de un modelo de Gestión de Mantenimiento (MGM)*. 2012. Sevilla, España: Ingeman.
- PARRA, C., & CRESPO, A.** Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos. *ResearchGate* [en línea]. 2020, 1-27 [Consulta: 2020-11-30]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/342926771_Metodos_de_Analisis_de_Criticidad_y_Jerarquizacion_de_Activos
- PASCUAL, R., & TORRES, A.** (2015). *XVIII Encuentro de gestión de activos físicos*. Informe técnico, Santiago-Chile. [Consulta: 2020-02-05]. Disponible en : <https://sites.google.com/site/egaf26udec/presentaciones>
- QUINTANILLA, N.** *Auditoría de gestión aplicada a la empresa de servicios 3R Equipments & Services, ubicada en el cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, durante el año 2017*. [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Administración de Empresas, Riobamba, Ecuador, 2019. [Consulta: 2020-11-23]. Disponible en : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13293>
- SAE JA1011.** Criterios de Evaluación para procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 1999
- SAE JA1012.** Una guía para la norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 2002
- SAMANIEGO, J.** *Plan de mantenimiento para las unidades de generación de la central térmica Ishpingo Tambococha Tiputini de la Corporación Eléctrica del Ecuador bajo la metodología de Mantenimiento Basado en la Condición*. [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba, Ecuador, 2019. [Consulta: 2020-11-18]. Disponible en : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13542>
- Sexto, L. (2020). Gestión del mantenimiento: ¿Cómo determinar la frecuencia de mantenimiento? seis criterios técnicos de decisión. *Reliability Connect*, 10.
- UNE- EN 13306.** Terminología del mantenimiento. Madrid, España: AENOR. 2018
- UNE-EN 13460.** Documentos para el mantenimiento. 9-25. Madrid, España: AENOR. 2009
- UNE-EN 16646.** Mantenimiento en la gestión de los activos físicos. Madrid-España: AENOR. 2014

- VIDAL , R.** *Implantación de sistema "GMAO" para la planta de fabricación ITC PACKAGING.*
[en línea] (Trabajo de titulación), 2020.[Consulta: 2021-01-10]. Disponible en :
<http://hdl.handle.net/10251/147885>
- VILLACRÉS, S.** *Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de manatenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner VACTOR M654 de la empresa etapa EP.* [en línea] (Trabajo de Maestria).Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017. [Consulta: 2020-11-17]. Disponible en :
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4749>
- VISCAÍNO, M.,et al.** Evaluación de la gestión de la gestión del mantenimiento en hospitales del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de la zona 3 del Ecuador. 2019. *INGENIUS Revista de Ciencia y Tecnología* [en línea]. 2019 (22). 59-71. [Consulta: 2020-11-30].Disponible en :
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2019000200059
- VIVEROS, P., et al.** Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Reviste chilena de ingeniería.* 2013 vol.21 (1). [Consulta: 2020-11-23]. Disponible en : <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>

ANEXOS

ANEXO A: Instrumento de evaluación de la gestión de mantenimiento

1. Criterio OM: Organización del mantenimiento

1.1 OM1: Políticas de mantenimiento

Criterio de evaluación:	OM1: Políticas de mantenimiento		
Objetivo:	Establecer un compromiso por parte de todos los involucrados con la gestión de mantenimiento de activos físicos de la organización.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se dispone de un documento con las políticas.	0	0
Poco Satisfactorio	Documento con la política de mantenimiento.	0,35	0,35
Cuasi Satisfactorio	Documento actualizado en los últimos 5 años.	0,7	0,51
Satisfactorio	Actas de reuniones para promulgar la política de mantenimiento dentro de la organización.	1	0,72

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

1.2 OM2: Organigrama

Criterio de evaluación:	OM2: Organigrama		
Objetivo:	Conocer la línea de autoridad y las funciones del personal de mantenimiento dentro de la empresa.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se dispone del organigrama.	0	0
Poco Satisfactorio	Existe el organigrama de la organización.	0,35	0,10
Cuasi Satisfactorio	Existe el manual de funciones del encargado de mantenimiento.	0,7	0,19
Satisfactorio	Existe el manual de funciones para todos los puestos de departamento de mantenimiento.	1	0,28

Realizado por: (Chang Mariela, 2019)

2. Criterio RM: Recursos humanos de mantenimiento

2.1 RM1: Proceso de selección de personal

Criterio de evaluación:	RM1: Proceso de selección de personal		
Objetivo:	Asegurar que la selección de personal de mantenimiento se realice bajo un proceso definido de manera que se consiga personal idóneo.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No existe un proceso formal y documentado de selección de personal.	0	0
Poco Satisfactorio	Si existe un proceso formal y documentado de selección de personal.	0,35	0,08
Cuasi Satisfactorio	Existe evidencia de que el personal de mantenimiento ha sido contratado de acuerdo al proceso formal de contratación.	0,7	0,16

Realizado por: (Chang Mariela, 2019)

2.2 RM2: Formación profesional

Criterio de evaluación:	RM2: Formación profesional del personal de mantenimiento.		
Objetivo:	Evaluar al personal de mantenimiento de acuerdo a su formación con el fin de lograr un adecuado mantenimiento de los activos.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No existe un responsable de mantenimiento.	0	0
Poco Satisfactorio	El encargado de mantenimiento tiene un título de tercer nivel. Evidencia: registro del título en el SENESCYT.	0,35	0,11
Cuasi Satisfactorio	El título de tercer nivel del responsable es afín al cargo, como: Ingeniero de Mantenimiento, Ingeniero Mecánico, Ingeniero Industrial, Ingeniero Electrónico, Ingeniero Eléctrico. Evidencia: registro del título en el SENESCYT.	0,7	0,22
Satisfactorio	El título de cuarto nivel del responsable es afín al cargo, como: Magíster en gestión del mantenimiento o Magíster en confiabilidad. Evidencia: registro del título en el SENESCYT.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

2.3 RM3: Capacitación y entrenamiento

Criterio de evaluación:	RM3: Capacitación y entrenamiento del personal de mantenimiento.		
Objetivo:	Capacitar a los involucrados con el mantenimiento de los activos para que el desempeño de sus actividades sea eficaz y eficiente.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No existe presupuesto para capacitación	0	0
Poco Satisfactorio	Existe un plan de capacitación aprobado para el personal de mantenimiento o los requerimientos de capacitación elaborados por el departamento de mantenimiento. Evidencia: solicitar el plan de capacitación para el personal del área de mantenimiento debidamente legalizado o los requerimientos de capacitación.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	Se ejecutó el 60% del plan de capacitación o el 60% de los requerimientos de capacitación emitidos por el departamento de mantenimiento. Evidencia: certificados de asistencia o aprobación de los cursos asistidos.	0,7	0
Satisfactorio	Se ejecutó más del 60% del plan de capacitación o más del 60% de los requerimientos de capacitación emitidos por el departamento de mantenimiento.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

3. Criterio CG: Control de la gestión de mantenimiento

3.1 CG1: Presupuesto de mantenimiento

Criterio de evaluación:	CG1: Presupuesto de mantenimiento		
Objetivo:	Determinar anticipadamente los recursos económicos necesarios para cumplir con el plan preventivo y actividades correctivas necesarias.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se elabora el presupuesto (documento) anual para el mantenimiento.	0	0
Poco Satisfactorio	El presupuesto se lo elabora simplemente utilizando el costo del mantenimiento del último año y multiplicándolo por un porcentaje adicional.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	Se cumplió con menos del 95% del total del presupuesto de mantenimiento durante el año anterior.	0,70	0
Satisfactorio	Se cumplió con el 95% o más del presupuesto de mantenimiento durante el año anterior.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos Cesar, 2018

3.2 CG2: Costos de mantenimiento

Criterio de evaluación:	CG2: Costos de mantenimiento		
Objetivo:	Controlar los costos de la gestión de mantenimiento en la organización.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se calcula ningún indicador económico de mantenimiento.	0	0
Poco Satisfactorio	Se calcula el costo de mantenimiento considerando solo un rubro. (materiales, mano de obra, contratos de servicio externo)	0,35	0,06
Cuasi Satisfactorio	Se calcula el costo de mantenimiento considerando dos rubros.	0,7	0,13
Satisfactorio	Se calcula el costo de mantenimiento considerando tres o más rubros.	1	0

Realizado por: (Chang Mariela, 2019)

3.3 CG3: Indicadores de mantenimiento

Criterio de evaluación:	CG3: Indicadores de mantenimiento		
Objetivo:	Evaluar cuantitativamente la gestión del mantenimiento, en función de indicadores claves de mantenimiento: disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se calcula ningún indicador de gestión de mantenimiento.	0	0
Poco Satisfactorio	Se calcula uno de los indicadores claves de gestión de mantenimiento.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	Se calculan dos de los indicadores claves de gestión de mantenimiento.	0,7	0
Satisfactorio	Se calculan los tres indicadores claves de gestión de mantenimiento.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

3.4 CG4: Documentación técnica

Criterio de evaluación:	CG4: Documentación técnica de los equipos		
Objetivo:	Controlar el manejo de la información técnica que se utiliza en la gestión de mantenimiento en la organización.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se solicitan los manuales a los proveedores que venden la maquinaria a la organización.	0	0
Poco Satisfactorio	La empresa tiene los manuales del 50% o menos de la maquinaria total que posee en sus instalaciones.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	La empresa tiene los manuales del 100% o menos de la maquinaria total que posee en sus instalaciones.	0,7	0

Satisfactorio	Los manuales se encuentran codificados físicamente y se disponen en un lugar adecuado para su archivo y fácil localización.	1	0
----------------------	---	---	---

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

4. Criterio PP: Planificación y programación del mantenimiento

4.1 PP1: Inventario de bienes a mantener.

Criterio de evaluación:	PP1: Inventario de bienes a mantener.		
Objetivo:	Disponer del inventario de equipos de los cuales se va a controlar, programar y evaluar la gestión de mantenimiento.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se posee el inventario de equipos e instalaciones para la gestión del mantenimiento.	0	
Poco Satisfactorio	Se posee el inventario de menos del 60% de equipos e instalaciones a mantener.	0,35	0,13
Cuasi Satisfactorio	Se posee el inventario de más del 60% de equipos e instalaciones a mantener	0,7	
Satisfactorio	El código del inventario está colocado físicamente en cada una de las instalaciones y equipos a mantener.	1	

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

4.2 PP2: Plan de mantenimiento

Criterio de evaluación:	PP2: Plan implementado de mantenimiento preventivo		
Objetivo:	Planificar las actividades de mantenimiento necesarias para reducir la probabilidad de falla y la degeneración de los equipos e instalaciones.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No existe plan de mantenimiento preventivo	0	0
Poco Satisfactorio	Existe un plan de mantenimiento preventivo en el que constan las tareas, las frecuencias, las últimas y próximas fechas de ejecución.	0,35	0,35
Cuasi Satisfactorio	Existe un plan de mantenimiento preventivo en el que constan los materiales, repuestos, herramientas, equipos, horas hombre, los tiempos de parada y procedimientos requeridos para la ejecución de cada tarea.	0,7	0,09
Satisfactorio	Se cumple con más del 70% del plan de mantenimiento preventivo propuesto.	1	0,13

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

4.3 PP3: Programación de actividades de mantenimiento

Criterio de evaluación:	PP3: Programación de actividades de mantenimiento.		
Objetivo:	Coordinar oportunamente la ejecución de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo de la organización previendo de todos los recursos necesarios para la ejecución.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se programan las actividades de mantenimiento con mínimo una semana de anticipación.	0	0
Poco Satisfactorio	Se programan las actividades de mantenimiento sin la asignación de recursos. evidencia fechas de emisión y ejecución de la orden de trabajo	0,35	0,11
Cuasi Satisfactorio	Se programan las actividades de mantenimiento asignándoles los materiales, repuestos, herramientas y equipos que cada actividad lo requiere.	0,7	0
Satisfactorio	Se programan las actividades de mantenimiento asignándoles las horas hombre, los tiempos de parada y procedimientos de ejecución de las tareas.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos Cesar, 2018

4.4 PP4: Documentos de mantenimiento

Criterio de evaluación:	PP4: Documentos de mantenimiento		
Objetivo:	Registrar toda la información que generen las actividades de mantenimiento, para controlar y evaluar la gestión del mantenimiento.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se elaboran órdenes de trabajo.	0	0
Poco Satisfactorio	Sí se elaboran órdenes de trabajo.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	Sí se elaboran requisiciones de materiales.	0,7	0
Satisfactorio	La orden de trabajo y la requisición de materiales son la fuente de donde se toman los datos para los cálculos de indicadores de mantenimiento.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

4.5 PP5: Análisis de criticidad basado en riesgo

Criterio de evaluación:	PP5: Análisis de criticidad basado en riesgo		
Objetivo:	Jerarquizar los activos de la organización que estén sujetos a mantenimiento.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se dispone de un estudio de criticidad de los equipos industriales.	0	0
Poco Satisfactorio	Se ha realizado un análisis de criticidad empleando un método cualitativo.	0,35	0,04

Cuasi Satisfactorio	Se ha realizado un análisis de criticidad empleando un método semi-cuantitativo.	0,70	0
Satisfactorio	Se ha realizado un análisis de criticidad empleando un método cuantitativo.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

4.6 PP6: Herramienta informática (software) para la gestión de mantenimiento

Criterio de evaluación:	PP6: Herramienta informática para la gestión de mantenimiento.		
Objetivo:	Gestionar toda la información relacionada con el mantenimiento de los equipos y la infraestructura industrial de manera ágil y oportuna, para asegurar una administración eficiente del mantenimiento.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No dispone de CMMS/GMAO (Computer maintenance management system) ó Dispone de CMMS, pero no lo utiliza. Evidencia: verificar que esté instalado el CMMS	0	0
Poco Satisfactorio	La herramienta informática para la gestión del mantenimiento es una hoja electrónica como: Excel, etc ó una base de datos básica como: Access.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	Dispone de CMMS y lo usa para gestionar el mantenimiento preventivo. Evidencia a solicitar: plan de mantenimiento emitido por el CMMS y órdenes de trabajo preventivas emitidas en los últimos 15 días.	0,7	0
Satisfactorio	Dispone de CMMS y lo utiliza para calcular los indicadores de gestión de mantenimiento. Evidencia a solicitar: Reporte de costos, disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparación.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos Cesar, 2018

5. Criterio MC: Mantenimiento correctivo

5.1 MC1: Documentación y análisis de fallas, efectos y consecuencias.

Criterio de evaluación:	MC1: Documentación y análisis de fallas, consecuencias y efectos		
Objetivo:	Registrar los datos necesarios de las fallas y la gestión de las mismas.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se registran ni se gestionan las fallas.	0	0
Poco Satisfactorio	Se registra la fecha y la hora de las fallas.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	Se registra el modo y el efecto de la falla (AMEF).	0,70	0
Satisfactorio	Se gestionan las fallas, para que no vuelvan a ocurrir a través de metodologías tales como: Análisis Causa Raíz (ACR), Ishikawa, Análisis de árbol fallos, etc.	1	0

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

5.2 MC2: Priorización de atención de fallas

Criterio de evaluación:	MC2: Priorización de atención de fallas		
Objetivo:	Determinar un proceso de decisión de atención de fallas imprevistas.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No existe un procedimiento para priorizar la atención de fallas.	0	0
Poco Satisfactorio	Se atienden las fallas imprevistas cronológicamente de acuerdo al orden en el que se hayan suscitado.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	Se atienden las fallas imprevistas de acuerdo al criterio cualitativo del personal de producción.	0,70	0
Satisfactorio	Se atienden las fallas imprevistas según el impacto que tenga a la salud y seguridad del personal.	1	0

Realizado por: (Chang Mariela, 2019)

6. Criterio MI: Manejo de inventario de bodega para mantenimiento

6.1 MI1: Inventario valorado y etiquetado de ítems de bodega

Criterio de evaluación:	MI1: Inventario valorado y etiquetado de ítems		
Objetivo:	Verificar que el inventario de los ítems de bodega esté correctamente valorado.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se posee el inventario de la bodega.	0	0
Poco Satisfactorio	Se cuenta con el inventario codificado y etiquetado de los ítems en la bodega principal.	0,35	0,13

Cuasi Satisfactorio	El inventario incluye el valor de adquisición de los ítems en la bodega principal.	0,70	0,26
Satisfactorio	Se hacen verificaciones periódicas para constatar que una muestra de los ítems de bodega este correctamente valorado.	1	0,37

Realizado por: Viscaíno Mayra, Villacrés Sergio, Gallegos César, 2018

6.2 MI2: Gestión de stock.

Criterio de evaluación:	MI2: Gestión de stock.		
Objetivo:	Verificar que se cuenta con un correcto control de existencias de los ítems de bodega.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se cuenta con un control del stock en la bodega de mantenimiento.	0	0
Poco Satisfactorio	Se realizan revisiones periódicas del nivel de stock para evitar desabastecimiento en la bodega de repuestos. Evidencia: Listado actualizado de ítems de bodega.	0,35	0
Cuasi Satisfactorio	Se calcula la cantidad de reorden de repuestos para la bodega de mantenimiento.	0,70	0
Satisfactorio	Se calcula la cantidad de reorden de repuestos para la bodega de mantenimiento de acuerdo a métodos estadísticos.	1	0

Realizado por: (Chang Mariela, 2019)

6.3 MI3 Manejo de sub-bodega.

Criterio de evaluación:	MI3: Manejo de sub-bodega		
Objetivo:	Verificar que se cuenta con un correcto control de herramientas y materiales de uso exclusivo del personal de mantenimiento.		
Niveles de referencia	Exigencias del criterio	Puntuación	Valoración
Deficiente	No se controlan la salida de ítems para uso del área de mantenimiento.	0	0
Poco Satisfactorio	Se registran los movimientos de los ítems de la bodega. Evidencia: Kárdex	0,35	0,08
Cuasi Satisfactorio	Se notifica el uso de repuestos almacenados en bodega y casilleros de trabajo. Evidencia: requisición de materiales	0,70	0,15
Satisfactorio	El control de sub-bodega genera información útil para la gestión de stock. Evidencia: historial de datos para el cálculo de cantidad de reorden y stock de seguridad.	1	0,22

Realizado por: (Chang Mariela, 2019)

ANEXO B: Inventario técnico para mantenimiento

INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA				
CÓDIGO				
NIV 01	NIV 02	NIV 03	NIV 04	DESCRIPCIÓN
3R	EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA			
3R	FV	FLOTA VEHICULAR DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA		
3R	FV	CT01	CAMIONETA DOBLE CABINA CHEVROLET 01	
3R	FV	CT01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CT01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CT01	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CT01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CT01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CT01	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CT01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CT02	CAMIONETA DOBLE CABINA FORD 02	
3R	FV	CT02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CT02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CT02	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CT02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CT02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CT02	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CT02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CT03	CAMIONETA DOBLE CABINA VOLKSWAGEN 03	
3R	FV	CT03	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CT03	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CT03	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CT03	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CT03	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CT03	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CT03	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM01	CAMIÓN JAC HFC1035KD 01	
3R	FV	CM01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM01	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM01	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM02	CAMIÓN CHEVROLET NHR 02	
3R	FV	CM02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM02	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM02	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM02	ADR01	Sistema de dirección

3R	FV	CM03	CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 03	
3R	FV	CM03	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM03	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM03	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM03	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM03	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM03	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM03	ADR01	Sistema de dirección
INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA				
CÓDIGO				
NIV 01	NIV 02	NIV 03	NIV 04	DESCRIPCIÓN
3R	FV	CM04	CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 04	
3R	FV	CM04	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM04	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM04	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM04	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM04	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM04	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM04	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM05	CAMIÓN CHEVROLET NHR 05	
3R	FV	CM05	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM05	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM05	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM05	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM05	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM05	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM05	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM06	CAMIÓN CHEVROLET NLR 55E 06	
3R	FV	CM06	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM06	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM06	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM06	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM06	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM06	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM06	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM07	CAMIÓN HINO FB2WES10711 07	
3R	FV	CM07	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM07	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM07	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM07	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM07	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM07	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM07	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM08	CAMIÓN JAC HFC1035KD 08	
3R	FV	CM08	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM08	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM08	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM08	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM08	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM08	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM08	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM09	CAMIÓN JAC HFC1035KD 09	
3R	FV	CM09	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM09	ATR01	Transmisión de potencia

3R	FV	CM09	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM09	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM09	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM09	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM09	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM10		CAMIÓN JAC HFC1035KD 10
3R	FV	CM10	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM10	ATR01	Transmisión de potencia

INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA				
CÓDIGO				
NIV 01	NIV 02	NIV 03	NIV 04	DESCRIPCIÓN
3R	FV	CM10		CAMIÓN JAC HFC1035KD 10
3R	FV	CM10	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM10	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM10	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM10	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM10	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CM11		CAMIÓN JAC HFC1035KD 11
3R	FV	CM11	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CM11	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CM11	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CM11	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CM11	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CM11	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CM11	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CB01		CABEZAL JAC HFC4253K3R1 01
3R	FV	CB01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CB01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CB01	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CB01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CB01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CB01	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CB01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CB02		CABEZAL JAC HFC4253K3R1 02
3R	FV	CB02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CB02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CB02	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	CB02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CB02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CB02	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	CB02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	VO01		VOLQUETA JAC LJ HFC4253K3R1 01
3R	FV	VO01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	VO01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	VO01	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	VO01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	VO01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	VO01	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	VO01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	VO01	AHR01	Sistema de volteo
3R	FV	VO01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	VO02		VOLQUETA JAC HFC4253K3R1 02
3R	FV	VO02	AMC01	Motor de combustión interna

3R	FV	VO02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	VO02	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	VO02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	VO02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	VO02	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	VO02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	VO02	AHR01	Sistema de volteo
3R	FV	VO02	ASH01	Sistema hidráulico

INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA				
CÓDIGO				DESCRIPCIÓN
NIV 01	NIV 02	NIV 03	NIV 04	DESCRIPCIÓN
3R	FV	VO03		VOLQUETA JAC HFC4253K3R1 03
3R	FV	VO03	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	VO03	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	VO03	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	VO03	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	VO03	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	VO03	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	VO03	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	VO03	AHR01	Sistema de volteo
3R	FV	VO03	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	WC01		WINCHA KENWORTH C500 01
3R	FV	WC01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	WC01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	WC01	AMW01	Wincha
3R	FV	WC01	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	WC01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	WC01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	WC01	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	WC01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	WC02		WINCHA KENWORTH K100 02
3R	FV	WC02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	WC02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	WC02	AMW01	Wincha
3R	FV	WC02	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	WC02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	WC02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	WC02	ASU01	Sistema de suspensión
3R	FV	WC02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	EV01		ELEVADOR JLG INDUSTRIES 400S 01
3R	FV	EV01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	EV01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	EV01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	EV01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	EV01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	EV01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	EV01	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	EV01	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	EV02		ELEVADOR JLG INDUSTRIES 400S 02
3R	FV	EV02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	EV02	ATR01	Transmisión de potencia

3R	FV	EV02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	EV02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	EV02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	EV02	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	EV02	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	EV02	ACC01	Chasis y carrocería
3R	FV	EH 01		EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01
3R	FV	EH 01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	EH 01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	EH 01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	EH 01	ATA01	Cabina y herramientas

INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA				
CÓDIGO				
NIV 01	NIV 02	NIV 03	NIV 04	DESCRIPCIÓN
3R	FV	EH 01		EXCAVADORA HIDRÁULICA 320D CATERPILLAR 01
3R	FV	EH 01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	EH 01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	EH 01	ASW01	Swing
3R	FV	EH 01	ATN01	Tren de rodaje
3R	FV	EH 01	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	EH 02		EXCAVADORA HIDRÁULICA CATERPILLAR 320CL 02
3R	FV	EH 02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	EH 02	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	EH 02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	EH 02	ATA01	Cabina y herramientas
3R	FV	EH 02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	EH 02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	EH 02	ASW01	Swing
3R	FV	EH 02	ATN01	Tren de rodaje
3R	FV	EH 02	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	EH 03		EXCAVADORA HIDRÁULICA DOOSAN DX225LCA 03
3R	FV	EH 03	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	EH 03	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	EH 03	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	EH 03	ATA01	Cabina y herramientas
3R	FV	EH 03	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	EH 03	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	EH 03	ASW01	Swing
3R	FV	EH 03	ATN01	Tren de rodaje
3R	FV	EH 03	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	CF01		CARGADORA FRONTAL CATERPILLAR 966D 01
3R	FV	CF01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CF01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CF01	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	CF01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CF01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CF01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	CF01	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	CF01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CF02		CARGADORA FRONTAL CATERPILLAR 966G 02
3R	FV	CF02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CF02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CF02	ACB01	Habitáculo y bastidor

3R	FV	CF02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CF02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CF02	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	CF02	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	CF02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	CF03	CARGADORA FRONTAL CATERPILLAR 966H 03	
3R	FV	CF03	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	CF03	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	CF03	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	CF03	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	CF03	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	CF03	ASH01	Sistema hidráulico

INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA				
CÓDIGO				
NIV 01	NIV 02	NIV 03	NIV 04	DESCRIPCIÓN
3R	FV	CF03	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	CF03	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	MT01	MONTACARGAS CATERPILLAR DP100 01	
3R	FV	MT01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	MT01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	MT01	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	MT01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	MT01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	MT01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	MT01	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	MT01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	MT02	MONTACARGAS CATERPILLAR DP100 02	
3R	FV	MT02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	MT02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	MT02	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	MT02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	MT02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	MT02	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	MT02	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	MT02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	MT03	MONTACARGAS CATERPILLAR DP70 03	
3R	FV	MT03	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	MT03	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	MT03	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	MT03	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	MT03	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	MT03	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	MT03	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	MT03	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	MT04	MONTACARGAS CATERPILLAR FD40 04	
3R	FV	MT04	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	MT04	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	MT04	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	MT04	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	MT04	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	MT04	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	MT04	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	MT04	ADR01	Sistema de dirección

3R	FV	MT05	MONTACARGAS KOMATSU FD70-10 05	
3R	FV	MT05	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	MT05	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	MT05	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	MT05	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	MT05	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	MT05	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	MT05	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	MT05	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	MT06	MONTACARGAS TOYOTA 169 06	
3R	FV	MT06	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	MT06	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	MT06	ACB01	Habitáculo y bastidor

INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA				
CÓDIGO				
NIV 02	NIV 02	NIV 03	NIV 04	DESCRIPCIÓN
3R	FV	MT06	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	MT06	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	MT06	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	MT06	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	MT06	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	MV01	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 140G 01	
3R	FV	MV01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	MV01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	MV01	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	MV01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	MV01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	MV01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	MV01	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	MV01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	RT01	RETROEXCAVADORA CASE 5802R-4PT 01	
3R	FV	RT01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	RT01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	RT01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	RT01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	RT01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	RT01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	RT01	AHT01	Herramienta de trabajo
3R	FV	RT01	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	RT02	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 416C 02	
3R	FV	RT02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	RT02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	RT02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	RT02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	RT02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	RT02	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	RT02	AHT01	Herramientas de trabajo
3R	FV	RT02	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	RT03	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 420D 03	
3R	FV	RT03	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	RT03	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	RT03	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	RT03	AFR01	Sistema de frenos

3R	FV	RT03	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	RT03	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	RT03	AHT01	Herramientas de trabajo
3R	FV	RT03	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	RT04	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 428B 04	
3R	FV	RT04	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	RT04	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	RT04	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	RT04	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	RT04	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	RT04	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	RT04	AHT01	Herramientas de trabajo
3R	FV	RT04	ACB01	Habitáculo y bastidor

INVENTARIO TÉCNICO DE EQUIPMENTS & SERVICES 3R CIA LTDA				
CÓDIGO			DESCRIPCIÓN	
NIV 01	NIV 02	NIV 03	NIV 04	
3R	FV	RD01	RODILLO CATERPILLAR C5-533 E 01	
3R	FV	RD01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	RD01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	RD01	ASN01	Sistema vibratorio
3R	FV	RD01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	RD01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	RD01	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	RD01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	RD01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	TH01	TELEHANDLER CATERPILLAR TL1255 01	
3R	FV	TH01	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	TH01	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	TH01	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	TH01	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	TH01	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	TH01	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	TH01	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	TH01	AHT01	Herramienta de trabajo 01
3R	FV	TH01	AHT02	Herramienta de trabajo 02
3R	FV	TH 02	TELEHANDLER LULL 1044C 02	
3R	FV	TH 02	AMC01	Motor de combustión interna
3R	FV	TH 02	ATR01	Transmisión de potencia
3R	FV	TH 02	AFR01	Sistema de frenos
3R	FV	TH 02	ASE01	Sistema eléctrico
3R	FV	TH 02	ASH01	Sistema hidráulico
3R	FV	TH 02	ACB01	Habitáculo y bastidor
3R	FV	TH 02	ADR01	Sistema de dirección
3R	FV	TH 02	AHT01	Herramienta de trabajo 01
3R	FV	TH 02	AHT02	Herramienta de trabajo 02

