

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE MEJORA A PLAN DE MANTENIMIENTO PARA BUS
SCANIA F310 MEDIANTE HERRAMIENTAS DEL MANTENIMIENTO CENTRADO
EN LA CONFIABILIDAD

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional
de Ingeniero en MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno: José Mario Péndola Calderón

Profesor Guía: Mg. Ing. Pablo Andrés Duque Ramírez

2024

DEDICATORIA

Agradecer en primer lugar a Dios y a la vida por permitirme llegar al final de esta etapa y no darme por vencido. Agradecer por cada persona que conocí, a los profesores por las enseñanzas y a mi profesor guía por aceptar acompañarme en este proceso.

*Agradecer también a mis padres por su crianza y su apoyo.
en cada momento, cada idea.*

*Agradecer a mi madre por su amor, por estar, aunque ella no lo sepa.
Por acompañarme, aunque no entienda nada de lo que estoy haciendo.
Por estar viendo la novela al lado de la estufa mientras yo escribo esto
...la miro y pienso en lo afortunado que soy.*

*Agradecer a mi padre por desgastar su vida, por y para sus hijos,
por mostrarme esta pasión que comenzó como un niño que jugaba al
mecánico y hoy es mi profesión. Por celebrarme lo más mínimo y siempre
estar orgulloso de mí. Mientras hago este trabajo lo recuerdo y pienso
“El primer plan de mantenimiento que conocí fue la agenda de mi papá”
donde llevaba el registro de cada cosa que hacía y debía hacer a ese viejo
bus Mercedes, porque según él “a ese bus le debemos todo lo que tenemos”
Ni siquiera alcanzaste a verme titulado de técnico, pero sé que siempre me
acompañas y que estarás orgulloso de que tu negro sea Ingeniero.
Este logro te lo dedico a ti...*

RESUMEN

KEYWORDS: MANTENIMIENTO – FALLA – DISPONIBILIDAD - COSTO

En el presente trabajo se genera a través del desarrollo de 3 capítulos una propuesta de mejora al plan de mantenimiento de un bus Scania modelo F310 aplicado al contexto operacional de la empresa “Transportes Rojas” con el fin de orientar respecto a la optimización del mantenimiento y la adquisición de datos sobre el equipo durante su operación.

Para llegar a eso, en el primer capítulo se describe en un inicio el proceso productivo de la empresa y se presenta la problemática a solucionar, donde se observa que de los 10 buses que presentan mayor cantidad de fallas, el sexto cuenta con un valor elevado de costo de indisponibilidad comparado con el resto. Se clasifica el activo basándose en la taxonomía según la norma ISO 14224, identificando los subsistemas y describiendo el funcionamiento de cada uno. Posteriormente, se define el contexto operacional según lo que indica la norma SAE JA1012 y finaliza calculando la disponibilidad para diagnosticar la situación actual del equipo.

En el desarrollo del segundo capítulo se aplica la metodología de “Análisis del modo, efecto y criticidad de la falla” utilizando como guía las orientaciones de las normas SAE JA1011 y SAE JA1012. Se comienza identificando las funciones primarias y secundarias de los subsistemas, luego definiendo el listado de modos de falla y después de una evaluación cuantitativa y cualitativa se finaliza con las acciones de mantenimiento a ejecutar y su presupuesto anual en base a un diagrama de decisión.

El tercer capítulo evalúa en primer lugar desde el punto de vista técnico la propuesta de mejora, considerando las instalaciones y el equipamiento de la empresa para llevarlo a cabo. Además, se generan cinco documentos que permiten aplicar planificadamente las acciones de mantenimiento propuestas. En segundo lugar, se evalúa económicamente la propuesta de mejora comparando tres escenarios y los costos económicos que significan cada uno.

En resumen, este trabajo formula una propuesta de mejora enfocada en el mantenimiento preventivo y el monitoreo de condiciones a través de inspecciones a las partes y componentes de los distintos subsistemas del equipo entregando al personal herramientas que permitan guiar y dejar registro de la aplicación de las acciones de mantenimiento o de algún comportamiento inusual con el fin de que el área de mantenimiento genere una base de datos con la información recopilada, anticipando las fallas y las visitas a taller para priorizar el mantenimiento programado por sobre el mantenimiento correctivo de carácter sorpresa que prevalece en el equipo actualmente. Se espera que esto signifique una disminución en los costos totales de mantenimiento y un aumento en la disponibilidad del equipo para así cumplir las expectativas del cliente.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS..... 2

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....2

CAPÍTULO 1: ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO OPERACIONAL
.....3

1.1. RESEÑA DE LA EMPRESA 4

1.1.1. Proceso productivo de la empresa.....5

1.2. CASO DE ESTUDIO.....7

1.3. TAXONOMÍA SEGÚN NORMA ISO 14224 10

1.3.1. Subsistema eléctrico..... 12

1.3.2. Subsistema neumático 13

1.3.3. Subsistema dirección hidráulica..... 13

1.3.4. Subsistema de enfriamiento 14

1.3.5. Subsistema de reducción catalítica..... 15

1.3.6. Subsistema de retención..... 16

1.3.7. Subsistema de calefacción..... 17

1.3.8. Subsistema de rodado..... 18

1.3.9. Subsistema de frenos..... 18

1.3.10. Subsistema de transmisión 20

1.3.11. Subsistema de lubricación.....21

1.3.12. Subsistema de combustible 22

1.3.13. Subsistema de motor 23

1.3.14. Subsistema aire acondicionado 24

1.3.15. Subsistema freno auxiliar.....25

1.3.16. Subsistema suspensión.....25

1.3.17. Subsistema dirección.....26

1.3.18. Subsistema de control electrónico.....26

1.4. CONTEXTO OPERACIONAL SEGÚN NORMA SAE JA1012.....27

1.5. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....30

CAPÍTULO 2: PROPUESTAS DE MEJORA A LAS PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO.....32

2.1. DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES 33

2.1.1. Función primaria 33

2.1.2. Función secundaria..... 34

2.1.3. Funciones del subsistema eléctrico 34

2.1.4. Funciones del subsistema neumático 34

2.1.5. Funciones del subsistema dirección hidráulica 34

2.1.6. Funciones del subsistema de enfriamiento..... 35

2.1.7. Funciones del subsistema de reducción catalítica..... 35

2.1.8. Funciones del subsistema de retención 35

2.1.9. Funciones del subsistema de calefacción..... 35

2.1.10. Funciones del subsistema de rodado 36

2.1.11. Funciones del subsistema de frenos 36

2.1.12. Funciones del subsistema de transmisión 36

2.1.13. Funciones del subsistema lubricación..... 36

2.1.14. Funciones del subsistema de combustible..... 37

2.1.15. Funciones del subsistema de motor..... 37

2.1.16. Funciones del subsistema de aire acondicionado..... 37

2.1.17. Funciones del subsistema de freno auxiliar 37

2.1.18. Funciones del subsistema de suspensión..... 38

2.1.19. Funciones del subsistema de dirección 38

2.1.20. Funciones del subsistema de control electrónico 38

2.2. FALLAS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLA 38

2.2.1. Falla funcional..... 39

2.2.2. Modos de falla..... 39

2.3. EFECTOS Y CONSECUENCIAS DE LA FALLA..... 40

2.3.1. Efectos de falla..... 40

2.3.2. Consecuencias de falla 40

2.3.3. Evaluación cualitativa de las consecuencias de falla 41

2.3.4. Evaluación cuantitativa de las consecuencias de falla 41

2.3.5. Modos de falla críticos 45

2.4. ACCIONES DE MANTENIMIENTO 46

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.....51

3.1. EVALUACIÓN TÉCNICA 52

3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA 67

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....73

BIBLIOGRAFÍA.....74

ANEXOS 77

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: COTIZACIÓN DE REPUESTOS 78

ANEXO B: FALLAS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLA 85

ANEXO C: EFECTOS Y CONSECUENCIAS DE FALLA 89

ANEXO D: HOJAS DE DECISIÓN 102

ANEXO E: ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y PRESUPUESTO ANUAL 110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Imagen referencial Transportes Rojas.....5

Figura 1-2. Diagrama de flujo del proceso productivo 6

Figura 1-3. Diagrama SIPOC del proceso productivo 6

Figura 1-4. Bus Scania F310.....9

Figura 1-5. Taxonomía según norma ISO 14224.....10

Figura 1-6. Subsistema eléctrico 12

Figura 1-7. Subsistema neumático 13

Figura 1-8. Subsistema dirección hidráulica.....14

Figura 1-9. Subsistema enfriamiento 15

Figura 1-10. Subsistema SCR.....16

Figura 1-11. Cinturones de seguridad	17
Figura 1-12. Subsistema de calefacción.....	17
Figura 1-13. Rueda.....	18
Figura 1-14. Subsistema de frenos	19
Figura 1-15. Subsistema de transmisión	20
Figura 1-16. Subsistema de lubricación.....	21
Figura 1-17. Subsistema de combustible	22
Figura 1-18. Motor Scania DC09.....	23
Figura 1-19. Subsistema aire acondicionado	24
Figura 1-20. Retardador Scania	25
Figura 1-21. Chasis Scania F310	26
Figura 1-22. CAN bus.....	27
Figura 1-23. Ruta Salamanca-COM.....	28
Figura 1-24. Orden de trabajo para mantenimiento preventivo	31
Figura 2-1. Matriz cualitativa de riesgos.....	41
Figura 2-2. Diagrama de decisión	47
Figura 3-1. Manómetro presión de neumáticos.....	52
Figura 3-2. Pauta PM-0.....	53
Figura 3-3. Taller mecánico	54
Figura 3-4. Distribución taller mecánico	54
Figura 3-5. Equipos en taller mecánico.....	55
Figura 3-6. Scania Diagnos & Programmer 3	55
Figura 3-7. Pauta PM-1	56
Figura 3-8. Pauta PM-2 Hoja 1	57
Figura 3-9. Pauta PM-2 Hoja 2	58
Figura 3-10. Pauta PM-3 Hoja 1	59
Figura 3-11. Pauta PM-3 Hoja 2	60
Figura 3-12. Pauta PM-3 Hoja 3	61
Figura 3-13. Pauta PM-4 Hoja 1	62
Figura 3-14. Pauta PM-4 Hoja 2	63
Figura 3-15. Pauta PM-4 Hoja 3	64
Figura 3-16. Intervalos plan de mantenimiento actual.....	65

Figura 3-17. Extracto pauta de mantenimiento actual 66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Costo de indisponibilidad por falla.....8

Tabla 1-2. Fallas ocurridas en el transcurso de un año 9

Tabla 1-3. Taxonomía bus Scania F310 en estudio 11

Tabla 2-1. Fallas funcionales y modos de falla del subsistema eléctrico.....39

Tabla 2-2. Fallas ocurridas en el último año al Bus 2 43

Tabla 2-3. Efectos y consecuencias subsistema eléctrico 44

Tabla 2-4. Modos de falla críticos según evaluación cualitativa 45

Tabla 2-5. Modos de falla críticos según evaluación cuantitativa 45

Tabla 2-6. Modos de falla críticos situación sin mantenimiento 46

Tabla 2-7. Hoja de decisión 48

Tabla 2-8. Hoja de decisión subsistema de rodado 48

Tabla 2-9. Presupuesto anual subsistema eléctrico 50

Tabla 3-1. Carta Gantt 65

Tabla 3-2. Presupuesto anual acciones de mantenimiento actuales 68

Tabla 3-3. Riesgo cuantitativo situación actual 69

Tabla 3-4. Riesgo cuantitativo nuevo plan de mantenimiento 71

Tabla 3-5. Resumen comparativo 72

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

FMECA	:	Análisis del modo, efecto y criticidad de la falla.
MCC	:	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
ISO	:	Organización internacional de normalización.
SAE	:	Sociedad de ingenieros de automoción.
SIPOC	:	Proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes.
SCR	:	Sistema de reducción catalítica selectiva.
NOX	:	Óxidos de nitrógeno.
ABS	:	Sistema de frenos antibloqueo.
CO2	:	Dióxido de carbono.
H2O	:	Agua.
CO	:	Monóxido de carbono.
HC	:	Hidrocarburos.
H2S	:	Sulfuro de hidrógeno.
PMI	:	Punto muerto inferior.
PMS	:	Punto muerto superior.
CAN	:	Red de área de controlador.
COM	:	Centro de operaciones mineras.
SHA	:	Seguridad, higiene y ambiente.
FF	:	Frecuencia de falla.
MTTR	:	Tiempo medio de reparación.
HH	:	Hora hombre.
SDP3	:	Diagnóstico y programador de Scania 3.
RPM	:	Revoluciones por minuto.
TPFS	:	Tiempo promedio fuera de servicio.
TPO	:	Tiempo promedio operativo
CIF	:	Costo de indisponibilidad por fallas.

B. SIMBOLOGÍA

V	:	Volt.
Ah	:	Amper hora.
A	:	Amper.
L	:	Litro.
CV	:	Caballos de vapor.
Nm	:	Newton metro.
kg	:	Kilogramo.
kW	:	Kilowatt.
m	:	Metro.
°C	:	Grados Celsius.
N	:	Newton.
m/s²	:	Metros por segundo al cuadrado.
msnm	:	Metros sobre el nivel del mar.
km	:	Kilómetro.
bar	:	Bar.
g/min	:	Gramos por minuto.
g/km	:	Gramos por kilómetro.
ton	:	Tonelada.
mm	:	Milímetro.
Hz	:	Hertz.
\$	:	Pesos chilenos.

INTRODUCCIÓN

El ser humano ha desarrollado diversas maquinarias que le han permitido resolver distintas necesidades. A finales del siglo XIX, comenzaron a surgir los primeros medios de transporte motorizados. Los autobuses son vehículos que han evolucionado gracias al avance de la tecnología. Sin embargo, todas estas mejoras implican el uso de sistemas cada vez más complejos, que requieren mantenimiento para asegurar no solo su funcionamiento en términos de puntualidad y capacidad, sino también la comodidad y seguridad de las personas que viajan en ellos. En caso de una falla que cause un accidente, las consecuencias podrían ser fatales.

Transportes Rojas es una empresa dedicada al transporte de personal, y sus principales clientes son las empresas que emplean trabajadores en Minera Los Pelambres. En enero del año 2023, la empresa incorporó un nuevo autobús de la marca Scania, modelo F310. Este vehículo realiza dos viajes de ida y vuelta diariamente desde Salamanca hasta el centro de operaciones de Minera Los Pelambres, ubicado a 3500 metros sobre el nivel del mar. A pesar de ser un equipo que se adquirió totalmente nuevo, en el transcurso de un año ha sufrido 25 detenciones en el taller debido a mantenimiento correctivo, durante las cuales se han detectado un total de 42 fallas. Además, ha experimentado 6 detenciones por mantenimiento preventivo. Estos problemas han generado dificultades para la empresa con su cliente, causando retrasos en los horarios de llegada al lugar de trabajo y en ocasiones la negación de autorización para ingresar al recinto minero. Por lo tanto, se sugiere que revisen las prácticas de mantenimiento que están llevando a cabo con este equipo.

Actualmente, este autobús recibe mantenimiento en las instalaciones de la empresa, la cual se asesora con el plan de mantenimiento proporcionado por el fabricante. Sin embargo, debido a las constantes fallas que experimenta, es evidente que las prácticas de mantenimiento no se centran adecuadamente en los componentes donde el vehículo presenta problemas. Esto podría deberse principalmente al contexto operacional del autobús, ya que no se desplaza por carreteras, sino que por un entorno que lo expone a rocas, vibraciones, nieve, sal y cambios de altitud geográfica. Aunque también, podría ser ocasionado por la falta de un programa de mantenimiento que sea aplicado a conciencia y con la rigurosidad requerida.

Por lo tanto, en este trabajo se buscará mejorar el plan de mantenimiento del equipo mediante la aplicación de un Análisis del Modo, Efecto y Criticidad de la Falla. Esto se hará teniendo en cuenta la evaluación de riesgos y la frecuencia con la que se presentan los modos de falla. El objetivo final es desarrollar un plan de mantenimiento que se adecúe al contexto operacional del equipo.

OBJETIVO GENERAL

Proponer modificaciones al plan de mantenimiento actual de un bus Scania F310, utilizando herramientas del mantenimiento centrado en confiabilidad con el fin de adecuarlo al contexto operacional del equipo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual del equipo describiendo su contexto operacional para la identificación de los modos de falla críticos.
- Proponer mejoras a las prácticas de mantenimiento mediante un análisis del modo, efecto y criticidad de la Falla para la disminución de la frecuencia de falla.
- Evaluar técnica y económicamente las mejoras propuestas determinando si es viable aplicarlas en la empresa.

CAPÍTULO 1: **DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL CONTEXTO**
OPERACIONAL

1. ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO OPERACIONAL

Para determinar cuáles son las mejoras que se proponen al plan de mantenimiento, en primer lugar, es indispensable analizar el contexto operacional del equipo y efectuar un diagnóstico del mismo para localizar los subsistemas en donde las prácticas de mantenimiento no están siendo acertadas y por lo tanto se están presentando las fallas con mayor frecuencia.

1.1. RESEÑA DE LA EMPRESA

Transportes Rojas es una empresa con casa matriz en la comuna de Salamanca, ubicada en la IV región de Chile. Su principal actividad se centra en el transporte de mercancías en todo el territorio nacional, siendo Minera Los Pelambres, ubicada en la misma comuna, su cliente más destacado. Además, ofrece servicios de transporte de personal y dispone de una amplia flota de vehículos que le permite satisfacer las diversas necesidades de sus clientes, desde camionetas y vans hasta taxibuses, autobuses y camiones de distintas capacidades de carga. Debido a su éxito en el transporte de pasajeros, en el año 2013, la empresa creó una nueva filial llamada Buses Cejer, la cual se dedica exclusivamente al transporte público interprovincial desde Salamanca hacia Valparaíso, Santiago y La Serena, donde cuenta con aproximadamente 150 buses.

El departamento de operaciones se encarga de gestionar el transporte logístico de materiales, mientras que el departamento de mantenimiento se preocupa de que los equipos estén funcionalmente equipados y en óptimas condiciones para prestar los servicios requeridos por los clientes. La empresa renueva constantemente sus equipos, principalmente para cumplir con los estándares mineros de la compañía. Estos vehículos son mantenidos en un taller mecánico propio que cuenta con áreas de electromecánica, mecánica, vulcanización, soldadura y lubricación. En este taller se realizan principalmente mantenimientos correctivos, aunque también se llevan a cabo actividades programadas como los mantenimientos según el kilometraje y el equipamiento de accesorios mineros, como pértigas, balizas, alarmas de retroceso y focos faeneros, en los equipos nuevos que ingresan. En cuanto a los mantenimientos programados, la empresa se asesora con las pautas de mantenimiento que proporciona el fabricante. En la “Figura 1-1” se observan dos equipos en dependencias de la empresa.



FIGURA 1-1. "Imagen referencial Transportes Rojas"

(Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada el 10/07/2019)

1.1.1 Proceso productivo de la empresa

El proceso productivo inicia a través de la adjudicación de la empresa en proyectos mineros o con la solicitud de un cliente interesado en adquirir servicios de transporte de carga o traslado de personal. Después se llevan a cabo estudios para determinar la factibilidad de la licitación y finalmente la aceptación del servicio.

Una vez que se obtienen los resultados, se designan los equipos idóneos para el trabajo en base a las características del contrato y se procede a poner en marcha proporcionando las tareas asignadas y las rutas de transporte correspondientes. Además, mientras la empresa cumple con el servicio contratado, se encarga del mantenimiento de los equipos para que estos puedan cumplir sus funciones. La prestación del servicio finaliza al término del contrato con la empresa o debido a circunstancias externas que impidan continuar con las funciones laborales.

A continuación, en la "Figura 1-2", se presenta con un diagrama de flujo el proceso descrito.

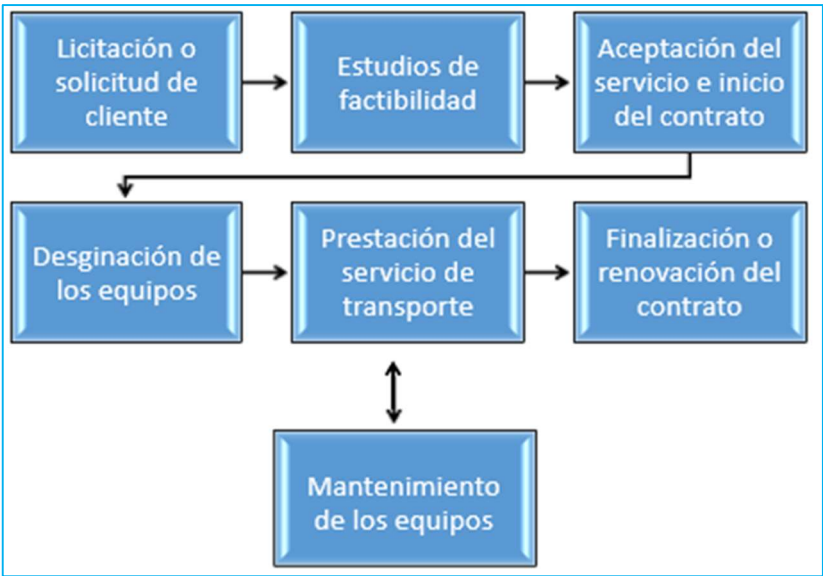


FIGURA 1-2. “Diagrama de flujo del proceso productivo”
(Fuente: Elaboración propia)

Respecto a los proveedores que suministran equipos e insumos para el proceso, se encuentran aquellos que venden los vehículos, así como también aquellas empresas dedicadas a la venta de repuestos e insumos necesarios para la operación y el mantenimiento. Las entradas para el proceso tienen que ver principalmente con las solicitudes de transporte y los recursos que se le asignan. Las salidas están compuestas por la documentación y la retroalimentación que se genera al finalizar el servicio. Esto se puede ver detallado en el diagrama SIPOC que se presenta en la “Figura 1-3”.

De los procesos descritos anteriormente, las propuestas de mejora planteadas en el presente trabajo debiesen afectar positivamente durante el proceso de prestación del servicio y mantenimiento de los equipos.

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTES
¿Quién suministra los insumos del proceso?	¿Qué entradas se requieren?	¿Cuáles son los pasos principales del proceso?	¿Cuáles son las salidas del proceso?	¿Quién recibe el servicio?
	Solicitud de servicio de transporte Información del proyecto Recursos humanos asignados Recursos necesarios para la operación y el mantenimiento	Postulación a licitaciones Estudio y evaluación de la solicitud Aceptación del servicio y designación de equipos Prestación del servicio y mantenimiento de los equipos	Servicio de transporte efectuado Comunicación con el cliente Facturación asociada Datos y registros de la operación	

FIGURA 1-3. “Diagrama SIPOC del proceso productivo”
(Fuente: Elaboración propia)

1.2. CASO DE ESTUDIO

Para determinar el equipo a estudiar, en primer lugar, se han jerarquizado los equipos tomando los 10 buses que presentan la mayor cantidad de fallas en el transcurso de un año y luego se les ha aplicado un análisis en base a los costos de indisponibilidad por fallas (CIF). Para calcular estos costos se utiliza la siguiente fórmula (1).

$$CIF = FF \times TPFS \times (CP + CC) \quad (1)$$

Donde:

- FF: Corresponde a la frecuencia de fallas [Fallas/año]
- TPFS: Corresponde al tiempo promedio fuera de servicio [horas/falla], se suman los tiempos fuera de servicio de cada falla y se dividen por el total de fallas. (2)

$$TPFS = \frac{\sum TFS}{\text{cantidad de fallas}} \quad (2)$$

- CP: Corresponde al costo de impacto en producción [\$/hora]. Se calcula dividiendo el ingreso que genera el equipo al mes para la empresa en los 30 días del mes y el resultado se divide en la cantidad de horas que trabaja al día. (3)

$$CP = \frac{\frac{\text{Ingreso mensual}[\$]}{30[\text{día}]}}{\frac{\text{Horas de trabajo}[\text{hr}]}{1[\text{día}]}} \quad (3)$$

- CC: Corresponde a los costos de mantenimiento correctivo [\$/hora]. Se calcula dividiendo el total de los costos directos de mantenimiento correctivo de un año por la cantidad de horas que trabaja el equipo al año. (4)

$$CC = \frac{\frac{M. \text{Correctivo}[\$]}{1[\text{año}]}}{\frac{\text{Horas de trabajo}[\text{hr}]}{1[\text{año}]}} \quad (4)$$

En la “Tabla 1-1” es posible observar que uno de los buses Scania F310 corresponde al equipo con más fallas, pero no tiene un valor de CIF elevado. El otro bus de la misma marca y modelo es el sexto equipo con más fallas, pero es el que presenta el mayor valor de CIF, por lo tanto, es seleccionado como caso de estudio para el presente trabajo.

TABLA 1-1. “Costo de indisponibilidad por falla”

	FF [Fallas/año]	TPFS [horas]	Impacto en producción [\$/hora]	Costo M. correctivo [\$/hora]	CIF
Scania F310	64	1,67	\$ 24.938	\$ 546	\$ 2.723.724
M. Benz OF1724	61	2,47	\$ 27.031	\$ 771	\$ 4.188.997
M. Benz OF1724	59	2,36	\$ 26.843	\$ 797	\$ 3.848.631
Volvo B380R	56	2,22	\$ 36.466	\$ 822	\$ 4.635.659
Volvo B380R	51	2,17	\$ 35.463	\$ 855	\$ 4.019.322
Scania F310	42	2,95	\$ 38.654	\$ 673	\$ 4.872.688
M. Benz O500 RS	40	2,84	\$ 34.699	\$ 829	\$ 4.035.939
Scania K360	39	2,66	\$ 37.896	\$ 618	\$ 3.995.465
M. Benz O500 RS	37	2,56	\$ 42.949	\$ 772	\$ 4.141.251
Scania K400	35	1,83	\$ 43.925	\$ 674	\$ 2.856.612

(Fuente: Elaboración propia)

El equipo corresponde a un bus Scania modelo F310 con carrocería Marcopolo New G7 de 14[m] de largo que se puede apreciar en la “Figura 1-4”. Es un autobús con capacidad para 42 personas, equipado con un motor de ciclo Diesel de 4 tiempos y 5 cilindros en línea. Cumple con la norma de emisión Euro 5 y cuenta con el sistema de reducción catalítica SCR para reducir las emisiones de NOx. Utiliza una transmisión mecánica automatizada de 8 marchas hacia adelante y una marcha atrás. En cuanto a la suspensión, está equipado con ballestas, barra estabilizadora y amortiguadores tanto en el eje delantero como en el eje trasero.

En lo que respecta al sistema de frenos, emplea frenos de tambor con ABS en todas sus ruedas, complementados con un retardador y un freno de escape. La alimentación eléctrica es de 24 [v] en corriente continua y proviene de dos baterías de 12 [v] y 180 [Ah] conectadas en serie, recargadas por un alternador de 100 [A].

A continuación, se detallan las características técnicas:

- Cilindrada: 9,3 [L]
- Potencia máxima: 310 [CV] a 1900 [rpm]
- Torque máximo: 1550 [Nm] entre 1100-1350 [rpm]
- Capacidad eje delantero: 7500 [kg]
- Capacidad eje trasero: 12000 [kg]
- Potencia de frenado del freno de escape: 187 [kW] a 2400 [rpm]
- Potencia de frenado del retardador: 500 [kW]
- Distancia entre ejes: 6,8 [m]



FIGURA 1-4 “Bus Scania F310”

(Fuente: Elaboración propia, fotografías tomadas 02/09/2023)

En el transcurso de un año el equipo ha presentado un total de 42 fallas, las cuales en ocasiones se presentan de manera simultánea, lo que ha generado que ingrese a taller 25 veces por mantenimientos correctivos y, además, se han llevado a cabo 6 detenciones programadas por mantenimiento preventivo. Las fallas se presentan en la “Tabla-1-2”, donde se detalla la cantidad de veces que han ocurrido y en qué kilometraje.

TABLA 1-2. “Fallas ocurridas en el transcurso de un año”

Sistema	Modo de falla	Cantidad	Kilometraje
Sistema neumático	Manguera suelta	3	37240/39750/82905
Sistema enfriamiento	Manguera suelta	3	45685/55530/57095
Sistema Reducción catalítica	Manguera suelta	1	39750
Sistema hidráulico de dirección	Flexible suelto	1	3480
Sistema eléctrico	Alarma retroceso quemada	1	37240
Sistema eléctrico	Cámara de retroceso quemada	1	37240
Sistema eléctrico	Pértiga quemada	2	37240/67565
Sistema eléctrico	Luz quemada	4	45685/52686/53280/82901
Sistema control electrónico	Sensor aislado	3	21283/57100/78576
Sistema de retención	Cinturón de seguridad no enclava	2	37240/39750
Sistema de calefacción	Manguera suelta	2	37815/46952
Sistema de calefacción	Ventilador quemado	2	39194/46952
Sistema de dirección	Rótula desgastada	3	21283/55530/57284
Sistema de dirección	Barra de dirección deformada	1	57091
Sistema de rodado	Neumático pinchado	5	40720/52686/56326/57284/82901
Sistema de rodado	Neumático desgastado	2	55530/82905
Sistema suspensión	Ballesta fracturada	1	57095
Sistema motor	Filtro de aire obstruido	3	57095/72110/78576
Sistema transmisión	Crucetas desgastadas	1	72110
Sistema aire acondicionado	No emite aire frío	1	78576
TOTAL		42	

(Fuente: Elaboración propia)

Es posible observar que el sistema que presenta más fallos es el sistema eléctrico, en el cual se registran 8 fallas, seguido del sistema de rodado con 7 fallas. Además, es evidente que, aunque corresponden a sistemas diferentes, también se repiten las fugas de varios tipos de fluidos, alcanzando un total de 8 eventos de fuga, siendo la primera falla del historial una fuga de aceite correspondiente al sistema de dirección hidráulica.

En el transcurso del año donde se registran las fallas, el equipo ha formado parte de un contrato en donde se le asignó a un cliente para cumplir con el servicio requerido, sin embargo, este último ha solicitado a la empresa revisar las prácticas de mantenimiento que se están llevando a cabo con el bus debido a las reiteradas situaciones que se han generado, las cuales eventualmente podrían ser motivo para dar término al contrato. Este motivo sumado a su alto valor de CIF, convierten en este equipo en un ejemplar idóneo para aplicar metodologías que puedan dar solución a las problemáticas presentadas.

1.3 TAXONOMÍA SEGÚN NORMA ISO 14224

La norma ISO 14224 establece la taxonomía como el proceso de clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos. Esta taxonomía se visualiza mediante una representación en forma de pirámide, como se ilustra en la “Figura 1-5”, y sirve para indicar la posición del equipo o activo dentro de la estructura de la organización.

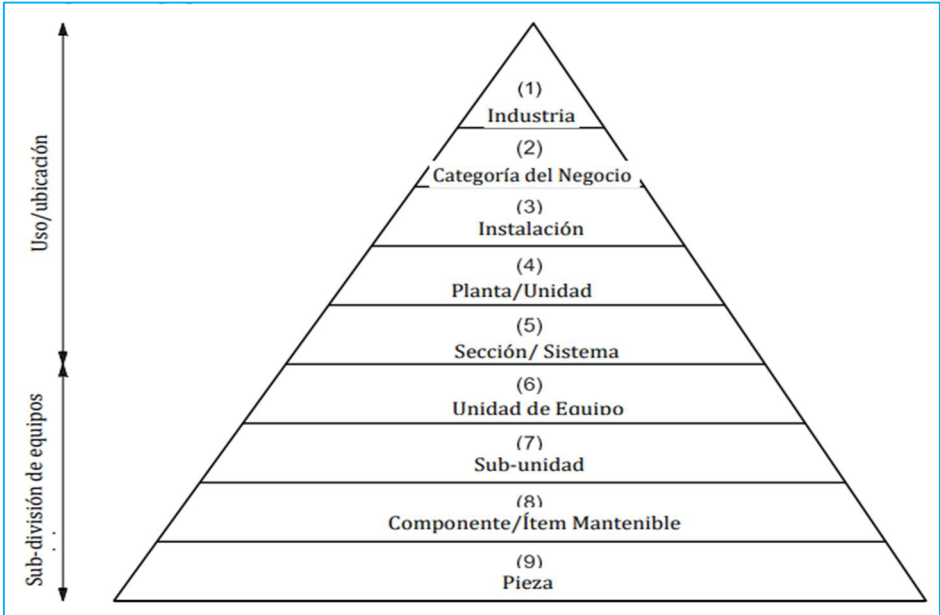


FIGURA 1-5. “Taxonomía según norma ISO 14224”

(Fuente: ISO 14224:2016)

Los niveles del 1 al 5 constituyen una categorización de alto nivel en lo que respecta a su aplicabilidad en diversas industrias y plantas, sin importar los equipos particulares involucrados. Esto se debe a que un equipo, como una bomba, puede desempeñar funciones en una amplia variedad de industrias y configuraciones de planta. Los niveles que van del 6 al 9 se centran en el equipo, y se subdividen en niveles jerárquicos más específicos. La cantidad de niveles de subdivisión requeridos depende de la complejidad del equipo.

En la “Tabla 1-3” se aprecia la representación de la taxonomía del equipo en estudio. En los primeros 5 niveles se describen características de la ubicación y del 6 en adelante características del activo.

TABLA 1-3. “Taxonomía bus Scania F310 en estudio”

Categoría principal	Nivel taxonómico	Jerarquía de taxonomía	Caso de estudio
Datos de uso/ubicación	1	Industria	Transporte
	2	Categoría del negocio	Prestación de servicios
	3	Categoría de instalación	Empresa de transportes
	4	Categoría de planta/unidad	Transportes Rojas, Salamanca, Región de Coquimbo, Chile
	5	Sección/Sistema	Área transporte de personal
Subdivisión de equipo	6	Clase de equipo/unidad	Auto bus Scania F310
	7	Sub-unidad/sub-sistema	Sub-sistemas: eléctrico, neumático, dirección hidráulica, enfriamiento, reducción catalítica, retención, calefacción, rodado, frenos, transmisión, lubricación, combustible, motor, aire acondicionado, freno auxiliar, suspensión, dirección, control electrónico
	8	Componente/ítem mantenible	Motor de arranque, alternador, compresor, bomba hidráulica, radiador, bomba Adblue, cinturón de seguridad, ruedas, caja de cambios, diferencial, bomba de aceite, bomba de combustible, inyectores, motor, sobrealimentador, retardador, barras de dirección.
	9	Pieza	*Se detallan en la descripción de cada subsistema*

(Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se describe el funcionamiento de cada uno de los subsistemas que conforman el nivel 8 de la taxonomía y también se detallan las piezas o partes que no se nombraron en la tabla.

1.3.1. Subsistema eléctrico

El subsistema eléctrico, se encarga de alimentar a todos los componentes eléctricos que posee el bus y que son necesarios para cumplir sus funciones. La base de esto es un par de baterías con una tensión nominal de 12[V] cada una conectadas en serie para sumar sus voltajes y un alternador de 100[A], las baterías alimentan al motor de arranque para que el motor de combustión interna comience a funcionar y a partir de ahí es el alternador quien alimenta los componentes eléctricos. Si el motor de combustión interna está detenido o el alternador deja de funcionar, las baterías cumplen el rol de entregar energía eléctrica a los componentes, pero llegará un momento en donde se quedarán sin energía, si esto sucede el motor se detendrá, o si está detenido, no volverá a encender. En el tablero de instrumentos es posible observar el voltaje de las baterías, lo que permite monitorear si estas se encuentran cargadas y si el alternador está entregando energía.

A continuación, se nombran las partes del subsistema y en la “Figura 1-6” se observa un esquema que explica en forma sencilla la relación entre los componentes.

- Piezas: Ampolletas, Alarma de retroceso, pértiga, fusibles, relés, interruptores, conectores, correa.

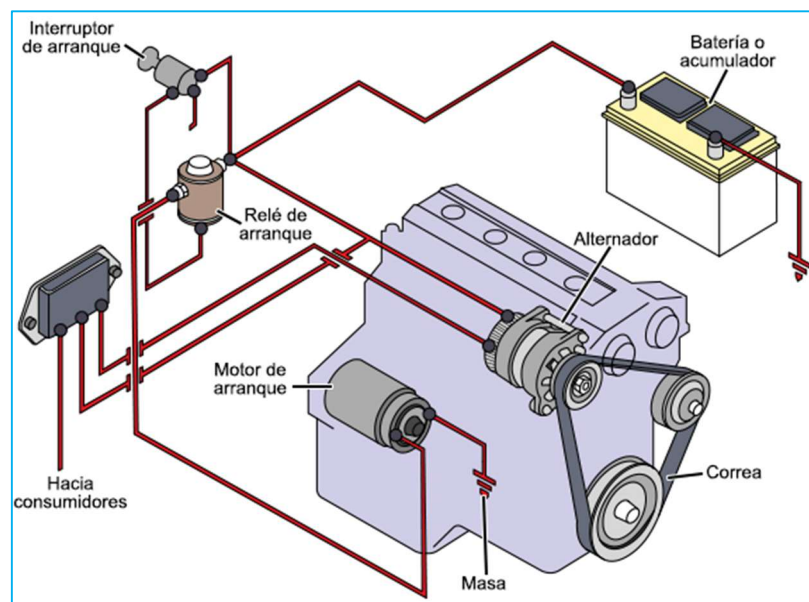


FIGURA 1-6. “Subsistema eléctrico”

(Fuente: Blogmecanicos “¿Conoces el funcionamiento del motor de arranque?”)

1.3.2. Subsistema neumático

El subsistema neumático se encarga de alimentar con aire comprimido a todos los actuadores neumáticos que tiene el bus y que son necesarios para cumplir sus funciones. Estos actuadores principalmente accionan a las balatas de freno, aunque también cumplen otras funciones como por ejemplo abrir la puerta. El aire atmosférico es tomado por un compresor que funciona gracias a la potencia que le entrega el motor de combustión, este comprime el aire, el cual pasa por un filtro secador que absorbe la humedad y es almacenado en tanques que permiten acumular la presión con el fin de distribuirlo a través del bus con mangueras para alimentar a los actuadores. Si el sistema no acumula presión los frenos permanecen bloqueados, por lo tanto, en ese caso el bus no se puede mover. En la “Figura 1-7” se presenta un esquema neumático.

A continuación, se nombran las partes del subsistema.

- Partes: Mangueras, válvulas, filtro secador.

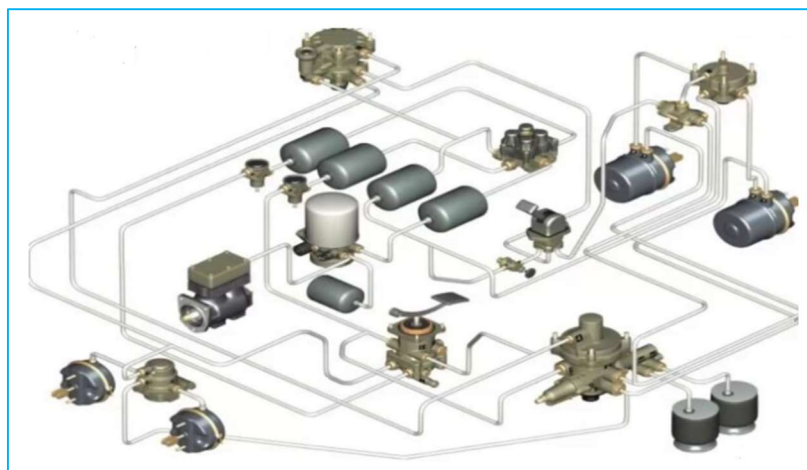


FIGURA 1-7. “Subsistema neumático”

(Fuente: Microscopio “Circuito neumático de camión”)

1.3.3. Subsistema dirección hidráulica

El subsistema se encarga de asistir al conductor al momento maniobrar la dirección del vehículo. En un sistema de dirección que no es asistido, los elementos mecánicos de la dirección se mueven gracias a la fuerza que les transmite el conductor desde el volante. En este otro caso, la fuerza del conductor también se transmite hacia los elementos mecánicos, pero recibe ayuda de aceite hidráulico que actúa a presión sobre la caja de dirección ejerciendo fuerza sobre los elementos mecánicos y así los esfuerzos del

conductor sean menores. Si el sistema pierde presión el volante se pondrá pesado y será más difícil para el conductor maniobrar el vehículo, lo que pone en riesgo la vida de los ocupantes. En la “Figura 1-8” se muestra un esquema con los componentes de la dirección hidráulica. Las partes del subsistema son las siguientes.

- Partes: Flexibles, depósito de aceite, cañerías, correa de accionamiento.

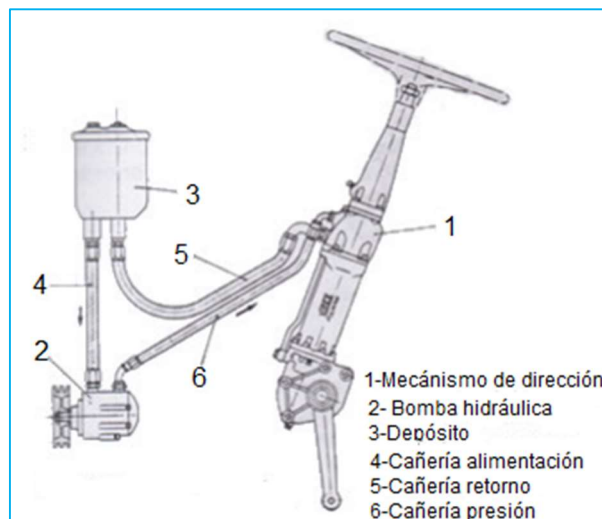


FIGURA 1-8. “Subsistema dirección hidráulica”

(Fuente: Slideshare “Direcciones hidráulicas”)

1.3.4. Subsistema de enfriamiento

El subsistema de enfriamiento se encarga de mantener al motor en su temperatura de funcionamiento, evitando que se sobre caliente o que trabaje extremadamente frío, ya que, en ambos casos se perjudican sus componentes internos disminuyendo su vida útil. El radiador es un intercambiador de calor en donde se almacena el refrigerante frío, el refrigerante que está en el motor toma temperatura mientras este trabaja y el termostato es una válvula que permite el intercambio de líquido entre ambos. Cuando el refrigerante del motor alcanza una temperatura de $95[^\circ\text{C}]$, el termostato se abre y la bomba de agua accionada por una correa bombea el líquido desde el radiador hacia el motor, generando que el del motor llegue al radiador. Cuando se alcanzan $90[^\circ\text{C}]$ el termostato se cierra. Para bajar la temperatura del líquido, el radiador recibe de frente la corriente de aire que enfrenta al bus cuando circula, y además en la parte posterior hay un ventilador que está montado en el eje de la bomba de agua, el cual extrae el calor del radiador. En la “Figura 1-9” se presenta un esquema del subsistema y sus partes son las siguientes.

- Partes: Mangueras, termostato, correa, bomba de agua, depósito.

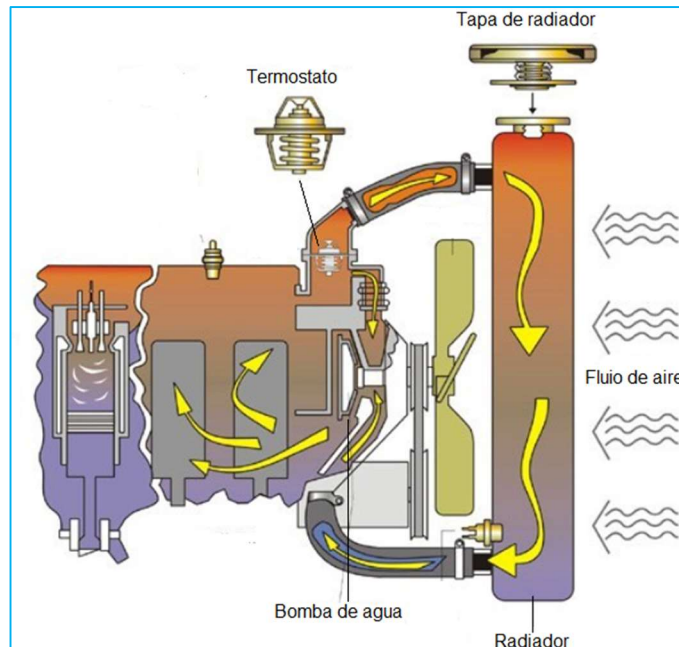


FIGURA 1-9. "Subsistema enfriamiento"

(Fuente: GMB "Mantenimiento del sistema de enfriamiento")

1.3.5. Subsistema de reducción catalítica

El subsistema de reducción catalítica (SCR) se encarga de disminuir las emisiones contaminantes que emanan por el tubo de escape. En una combustión completa y teórica, por el tubo de escape solo debería salir oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Sin embargo, en la práctica esto no sucede por diversos factores, y en realidad se obtienen gases peligrosos como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos sin quemar (HC), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y material particulado.

El problema del CO y los HC se soluciona con un catalizador de 3 vías al igual que en un motor a gasolina, sin embargo, el motor Diesel se caracteriza por la emisión de material particulado. Para disminuir su emisión y cumplir con la norma de emisiones Euro 5, el motor trabaja con mezclas pobres, lo que en contraparte produce que aumenten los NO_x . Finalmente, para disminuir los NO_x se instala en el tubo de escape un catalizador de hidrólisis y antes de este se inyecta una solución de urea y agua (Adblue). Al llegar al catalizador de hidrólisis el Adblue se descompone en amoníaco y agua, cuando el NO_x interactúa con el amoníaco se genera una reacción química con la que finalmente se obtiene nitrógeno y agua.

Si se presentan fallas en el subsistema de reducción catalítica, el motor limita su potencia, por lo que se infringe la normativa ambiental y, además, afecta su capacidad operacional. En la "Figura 1-10" se muestra la ubicación de los componentes y sus partes son las siguientes.

- Partes: Filtro de adblue, pre-filtro, mangueras, cañería, depósito de adblue, inyector.

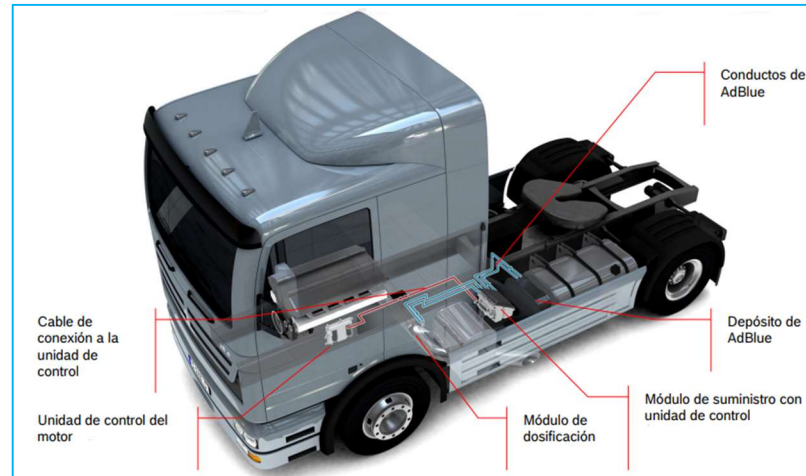


FIGURA 1-10. “Subsistema SCR”

(Fuente: Bosch “Denoxtronic”)

1.3.6. Subsistema de retención

El presente subsistema hace referencia a los cinturones de seguridad con los que por ley debe contar el bus en los asientos de los 42 pasajeros, más asiento del conductor y auxiliar. El equipo utiliza cinturones de seguridad de 3 puntos, los cuales cuentan con un trinquete retractor que permite estirar el cinturón y luego se ajusta automáticamente, además de una hebilla donde se asegura. Si alguna de estas partes falla se debe cambiar inmediatamente el cinturón de seguridad, ya que, no solo se infringe la ley 20.508, sino que también se infringen las normativas internas de Minera los Pelambres, por lo que la empresa se expone a multas o la imposibilidad de entrar al recinto minero.

En la “Figura 1-11” se observan asientos de un bus Marcopolo New G7 con cinturones de seguridad de 3 puntos.

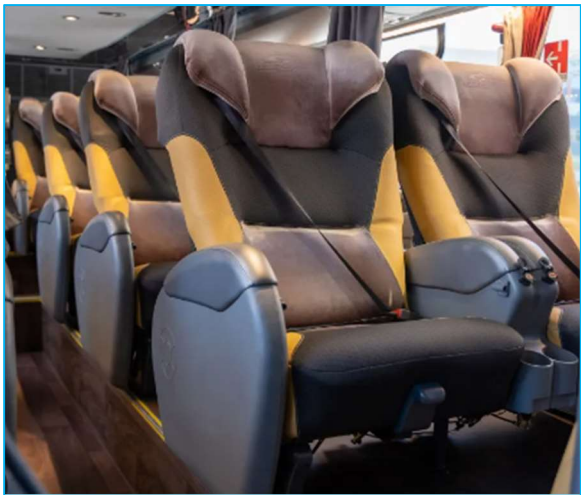


FIGURA 1-11. “Cinturones de seguridad”
(Fuente: Onibus & transporte)

1.3.7. Subsistema de calefacción

El subsistema de calefacción se encarga de calefaccionar el salón del bus en días fríos brindando confortabilidad a los pasajeros. Este subsistema aprovecha la temperatura del líquido de enfriamiento del motor para irradiar aire caliente al interior del salón. Desde el subsistema de enfriamiento una electroválvula permite el paso de líquido hacia las mangueras y radiadores de calefacción que rodean el salón del bus, junto con estos radiadores se montan ventiladores que extraen el calor y lo irradian al interior del salón. Además, cuenta con una bomba de agua eléctrica específica para la calefacción.

En la “Figura 1-12” se presenta un esquema del subsistema, sus partes son las siguientes.

- Partes: Mangueras, ventiladores, sensores, llave de paso.

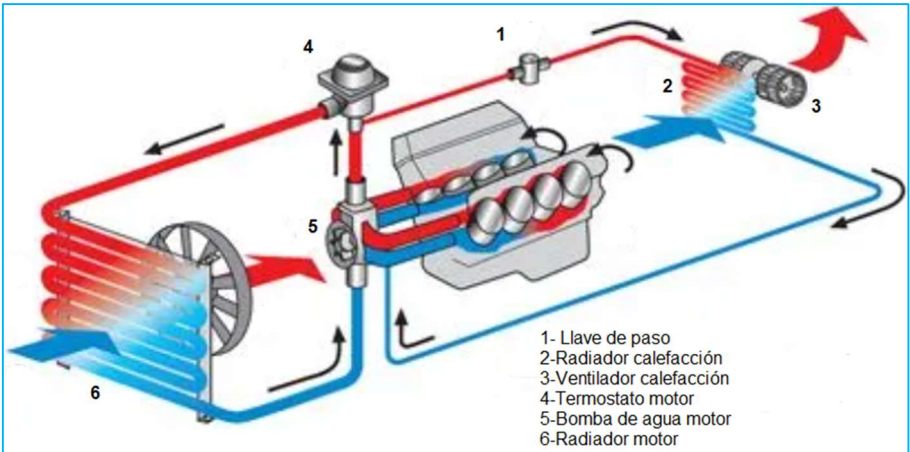


FIGURA 1-12. “Subsistema de calefacción”
(Fuente: Slideshare “Sistema de calefacción”)

1.3.8. Subsistema de rodado

El subsistema de rodado hace referencia a las 6 ruedas que utiliza el vehículo para rodar, más la rueda de repuesto. Están compuestas por una llanta o aro de acero que es la parte central de la rueda y cumple un rol estructural, ya que, es quien va fijada al vehículo a través de 10 tuercas y brinda soporte al neumático. Este último va montado sobre la llanta y es quien tiene contacto directo con el camino, en parte absorbe sus irregularidades buscando siempre tener agarre con el suelo y también soporta la presión del aire en su interior.

Estos componentes cumplen un rol significativo en seguridad y prevención de accidentes, por lo que se deben monitorear constantemente, tanto su presión como su desgaste. Si la empresa mandante, en este caso Minera los Pelambres, encuentra prácticas inadecuadas la empresa corre riesgo de sanciones e incluso la imposibilidad de entrar al recinto minero con el equipo. A continuación, se nombran las partes del subsistema y en la “Figura 1-13” se observa la rueda de un bus Scania.

Partes: Neumáticos, válvulas, llantas.



FIGURA 1-13. “Rueda”

(Fuente: Trucksnl “Scania Jonckheere Mistral 70”)

1.3.9. Subsistema de Frenos

Este subsistema se encarga de disminuir la velocidad o de detener completamente el vehículo. Los frenos del bus Scania F310 son de tambor y balata, donde la rueda va apernada al tambor y gira junto a él. Dentro del tambor se encuentran inmóviles las balatas, las cuales se abren al pisar el pedal de freno y generan fricción con el tambor para poder disminuir la velocidad de las ruedas. Con el uso las balatas van sufriendo desgaste, por lo

que la distancia entre balata y tambor va aumentando, lo que se soluciona con la regulación de los frenos. Además, es importante evitar su sobrecalentamiento, pues en tal caso se pierde la fricción y la capacidad de frenar.

Este subsistema está relacionado directamente con la seguridad activa del equipo y la prevención de accidentes, por lo que se debe monitorear periódicamente su estado. Según el “Manual de procedimientos e interpretación de resultados para revisiones técnica tipo A1” [8] del Ministerio de transportes y telecomunicaciones, una eficacia de frenado del 50% corresponde a un defecto leve y menor a 40% un defecto grave, este último significa el rechazo de dicha revisión que se lleva a cabo de manera semestral.

Para calcular la eficacia de frenado, se utiliza un frenómetro que mide la fuerza de frenado de cada rueda y después se aplica la siguiente fórmula (5):

$$EF = \frac{F}{P \times 9,81} \times 100 \quad (5)$$

Donde “F” es la suma de todas las fuerzas de frenado registradas por el frenómetro, en newton (N); “P” es el peso de vehículo en kilogramos (Kg); $9,81[m/s^2]$ corresponde a la aceleración de gravedad y EF es la eficacia de frenado.

A continuación, se presentan las partes del subsistema y en la “Figura 1-14” un esquema de aquello. Al comprar los repuestos, los tambores de freno se venden solos y un kit de frenos incluye todas las demás partes para una rueda.

- a) Partes: Tambores de freno, balatas, resorte, excéntrica, regulador.

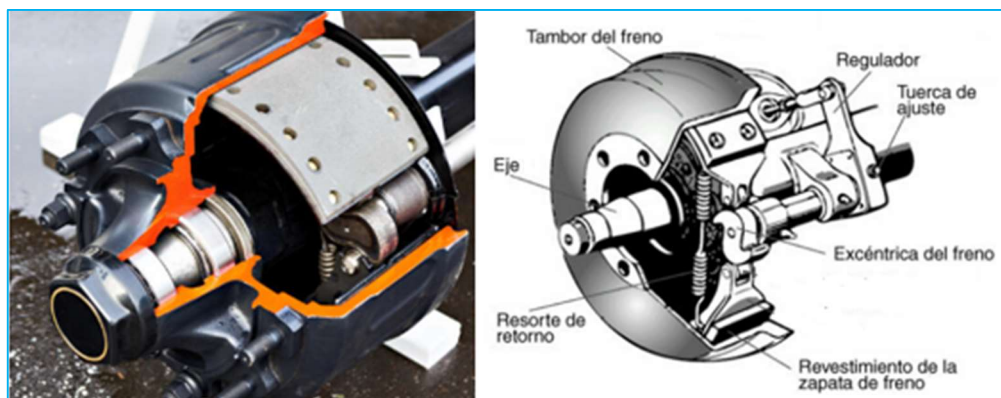


FIGURA 1-14. “Subsistema de frenos”

(Fuente: Alamy “Frenos de tambor camión”)

1.3.10. Subsistema de transmisión

El subsistema de transmisión se encarga de transmitir la potencia que genera el motor hacia las ruedas para que el vehículo pueda moverse. En el proceso, también se incrementa el torque que entrega el motor gracias a las reducciones del diferencial y de la caja de velocidades, que en este modelo tiene 8 marchas hacia adelante y una hacia atrás.

La cadena cinemática comienza por el conjunto de embrague, compuesto por disco de embrague, prensa de embrague y rodamiento de empuje, este conjunto se encarga de conectar y desconectar al motor con la transmisión. Posteriormente, el disco de embrague se conecta con el eje de entrada de la caja de velocidades, en ella hay distintas reducciones para los distintos requerimientos de velocidad y torque que tenga el vehículo durante el camino. Al eje de salida de la caja de cambios va conectado el eje cardán, que recorre toda la extensión del bus hasta llegar al diferencial. Este último da un giro de 90° a la dirección de la cadena cinemática para que la potencia llegue a las ruedas y, además, permite que ambas ruedas de tracción giren a diferentes velocidades con el fin de evitar el sobreviraje en las curvas. Finalmente, del diferencial salen dos semi ejes, uno para cada rueda.

A continuación, se presentan las partes del subsistema. En la “Figura 1-15” se muestra un esquema.

- Partes: Prensa de embrague, disco de embrague, rodamiento de empuje, engranajes eje cardán, crucetas.

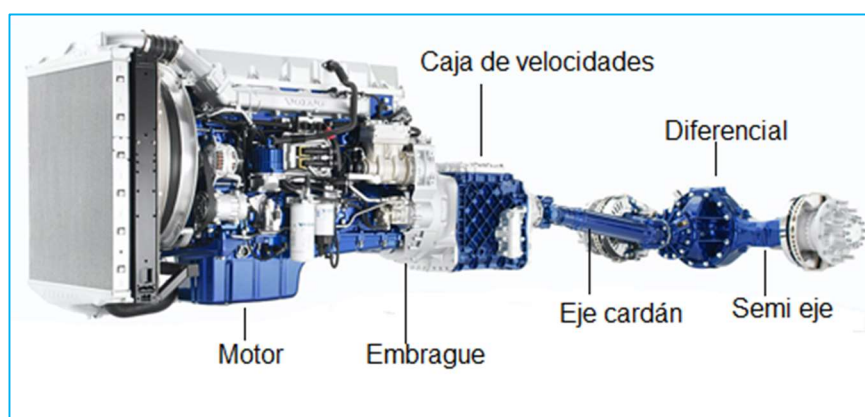


FIGURA 1-15. “Subsistema de transmisión”

(Fuente: Canalmotor7 “Sistema de transmisión”)

1.3.11. Subsistema de lubricación

Este subsistema se encarga de lubricar los componentes móviles del motor para disminuir la fricción, además contribuye con el lavado de las superficies internas y su enfriamiento. Con el uso va perdiendo sus propiedades y se pueden generar depósitos sólidos en el interior del motor, estos depósitos obstruyen los conductos del aceite, perdiéndose así la capacidad de lubricar los componentes móviles, lo que se previene cambiando periódicamente aceite y filtro de aceite.

Está compuesto por el cárter, que básicamente es un recipiente que contiene aceite, este fluido es tomado por la bomba de aceite a través del colador y luego es impulsado hacia el filtro. Después de ser filtrado, recorre los conductos de lubricación para llegar a todas las partes móviles y el retorno del aceite hacia el cárter se lleva a cabo por escurrimiento. A continuación, se presentan sus partes y en la “Figura 1-16” un esquema del subsistema.

- Partes: Filtro de aceite, colador de aceite, cárter, engranaje.

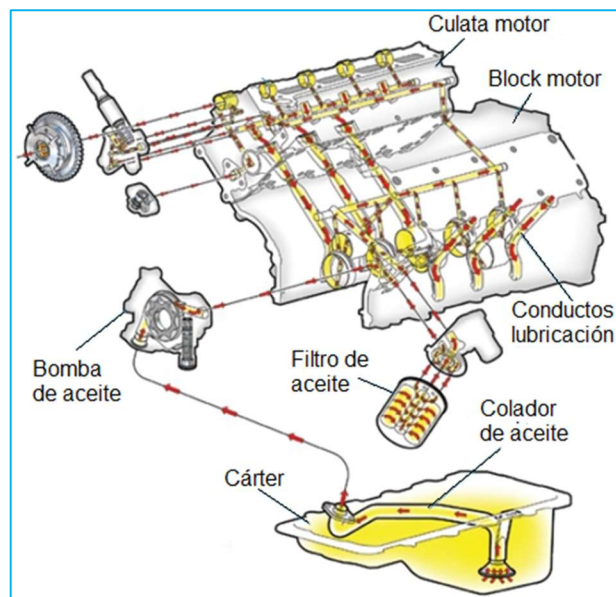


FIGURA 1-16. “Subsistema de lubricación”

(Fuente: E-auto “Sistema de lubricación”)

1.3.12. Subsistema de combustible.

El subsistema de combustible se encarga de tomar combustible desde el estanque y enviarlo hacia la cámara de combustión para generar las combustiones que permiten el funcionamiento del motor. Esto se lleva a cabo en dos etapas, una baja de presión y otra de alta presión.

En una primera etapa el combustible es tomado por la bomba de alimentación, aquí pasa por el filtro de combustible y luego se envía a la bomba elevadora de presión. Cuando llega a la bomba elevadora, se dosifica la cantidad que debe entrar e ingresa a un cilindro donde un pistón accionado mecánicamente por una excéntrica lo impulsa a presión hacia la cañería de salida. La cañería se conecta con un riel de inyección y aquí la presión se acumula. Desde el riel salen 5 cañerías, una para cada inyector. En cada cilindro se encuentra ubicado un inyector que recibe directamente la presión del riel y que siempre debe tener combustible en su interior. El módulo de control del motor da la orden al inyector para que se abra y este inyecta la cantidad requerida en la cámara de combustión. El combustible que sobra sigue por el retorno hacia un riel de retorno donde se encuentra con una válvula de rebose, esta válvula genera una contra presión a los inyectores para que la inyección de combustible sea estable. Finalmente, el combustible que sobra se devuelve al estanque.

A continuación, se presentan las partes del sistema y en la “Figura 1-17” un esquema explicativo.

- Partes: Filtro de combustible, cañerías, mangueras, estanque, válvulas, engranaje, sensor de presión.

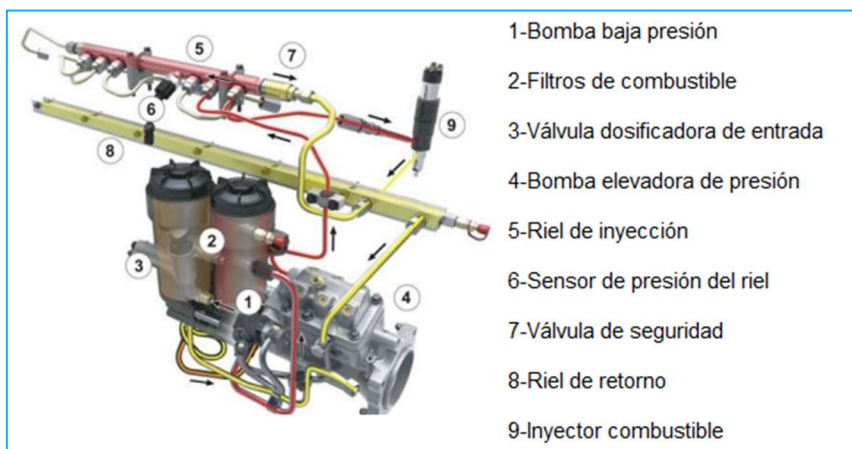


FIGURA 1-17. “Subsistema de combustible”

(Fuente: Wellfareengineparts “Sistema De Inyección De Combustible Cummins Scania XPI”)

1.3.13. Subsistema de motor

Hasta este punto ya se han hablado de subsistemas que trabajan en el motor, como el de enfriamiento, de lubricación o el de combustible, sin embargo, se separaron debido a que cumplen sus propias funciones. Este subsistema en particular se refiere a la parte mecánica del motor.

El bus en estudio posee un motor Scania DC09 de 310[CV]. Para que funcione y entregue la potencia requerida, es necesario que ingrese aire a través del filtro de aire, múltiple de admisión y válvulas de admisión hacia los cilindros del motor. Una vez en el cilindro, el pistón empujado por el cigüeñal sube desde el punto muerto inferior (PMI) hacia el punto muerto superior (PMS) y comprime el aire. Cuando el aire se comprime aumenta su presión y temperatura, lo que combinado con la inyección de combustible en el momento adecuado genera una combustión que empuja al pistón nuevamente hacia el PMI. Gracias a la inercia y al trabajo de los otros pistones, el pistón vuelve a subir hacia el PMS, se abre la válvula de escape y se empujan los gases quemados hacia el múltiple y tubo de escape. Este proceso se repite reiteradamente y en cada uno de los 5 cilindros del motor.

Además, este es un motor sobrealimentado que utiliza un turbocompresor para aumentar la masa de aire que ingresa hacia la cámara de combustión. Si el turbocompresor o alguno de los componentes del motor fallan, disminuirá su potencia o simplemente no encenderá. A continuación, se presentan sus partes y en la “Figura 1-18” el motor DC09 de Scania.

- Partes: Filtro de aire, válvulas, pistones, anillos, cigüeñal, eje de levas, balancines.

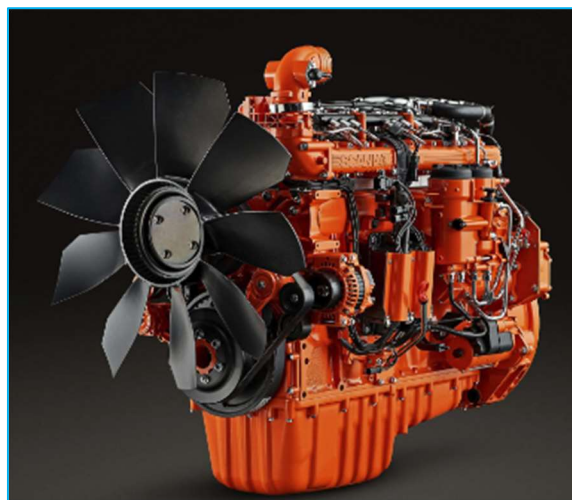


FIGURA 1-18. “Motor Scania DC09”

(Fuente: Catálogo Scania “Motor DC09”)

1.3.14. Subsistema aire acondicionado

Este es un subsistema que se encarga de brindar confortabilidad a los pasajeros en días de calor. Utiliza un gas R134a que fluye por las cañerías gracias al compresor, que es accionado por el motor a través de una correa. Cuando el compresor comprime el gas, aumentan su presión y su temperatura. El primer punto por donde pasa es el condensador, el cual es un intercambiador de calor que recibiendo flujo de aire desde el exterior enfría el gas y lo condensa. Luego pasa por la válvula de expansión para reducir su presión y en ese momento baja considerablemente su temperatura. Después circula por el evaporador, en donde el ventilador del habitáculo permite el intercambio de calor entre el evaporador y el salón, esto aumenta su temperatura, por lo que vuelve a gasificarse y retorna al compresor.

A continuación, se presentan sus partes y en la “Figura 1-19” un esquema explicativo.

- Partes: Cañerías, correa, ventiladores, sensor de temperatura, válvula de expansión, filtro de aire.

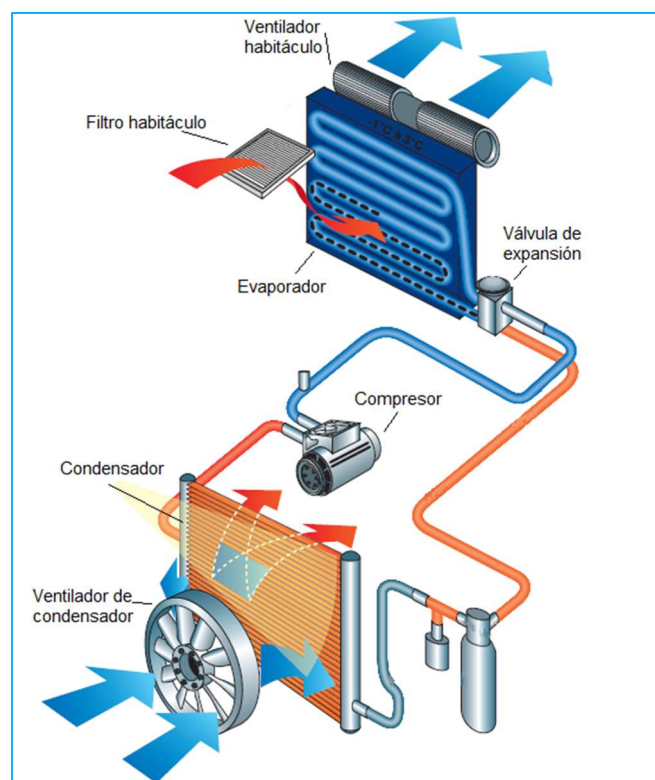


FIGURA 1-19. “Subsistema aire acondicionado”

(Fuente: Norauto “Aire acondicionado”)

1.3.15. Subsistema freno auxiliar

Este subsistema se encarga de reducir la velocidad del vehículo y no sobrecargar a los frenos de tambor para evitar su sobrecalentamiento y cristalización. Su componente principal es el retardador, que se encuentra ubicado entre la salida de la caja de cambios y el cardán. Se compone por una turbina rotor que gira junto con la transmisión y una turbina estator que está fija, cuando se activa el retardador entra aceite a presión entre ambas turbinas y la interacción entre ambas genera un torbellino que frena el movimiento del cardán. Esa acción genera un aumento en la temperatura del aceite, por lo que este se enfría con liquido del subsistema de enfriamiento. A continuación, se presentan las partes del subsistema y en la “Figura 1-20” una imagen representativa.

- Partes: Filtro de aceite, mangueras, sensor de temperatura.



FIGURA 1-20. “Retardador Scania”

(Fuente: Cyberauto “Retarder Scania Type 2”)

1.3.16. Subsistema suspensión

El subsistema de suspensión es el conjunto de partes que se encargan de soportar el peso del vehículo y absorber las irregularidades del camino. El equipo en estudio cuenta con una suspensión de ballestas, barra estabilizadora y amortiguadores. Las ballestas son un elemento elástico que absorbe las irregularidades del camino, sin embargo, al ser elástico se generan oscilaciones que deben ser frenadas, para lograrlo se instalan amortiguadores hidráulicos en donde el intercambio de aceite entre dos cámaras frena la oscilación del elemento elástico. Además, la barra estabilizadora se encarga de mantener ambas ruedas bien pegadas al piso cuando el vehículo gira y tiende a tumbarse.

Este subsistema además de brindar confortabilidad forma parte de la seguridad activa del vehículo. A continuación, sus partes.

- Partes: Amortiguadores, ballestas, bujes, barra estabilizadora.

1.3.17. Subsistema dirección

El subsistema de dirección está estrechamente relacionado con el de suspensión. En este caso se encarga de permitir al conductor maniobrar el vehículo a su voluntad. Para lograrlo el operador gira un volante que a través de la barra de dirección se comunica con una caja de engranajes tornillo sin fin. De aquí se acciona un conjunto de barras de dirección que en la punta cuentan con rótulas, las cuales permiten virar las ruedas delanteras. Este subsistema también forma parte de la seguridad activa del vehículo y a continuación se describen sus partes.

- Partes: Bujes, rótulas, rodamientos.

En la “Figura 1-21” se presenta un chasis Scania F310 en donde se montan los subsistemas nombrados anteriormente.



FIGURA 1-21 “Chasis Scania F310”

(Fuente: Scania Ecuador”)

1.3.18. Subsistema de control electrónico

Este subsistema hace referencia a los componentes electrónicos que posee el equipo, los cuales se encuentran controlando y gestionando varios de los subsistemas anteriores. Para aquello, en el vehículo existen varios módulos de control electrónico que continuamente están recibiendo señales de sensores para después enviar señales de salida a los actuadores. Además, los distintos módulos de control se comunican entre ellos a

través de un sistema multiplexado conocido como “CAN bus”, en donde los módulos están continuamente intercambiando información. En la “Figura 1-22” se observa un esquema explicativo del CAN bus.

Si los módulos de control identifican alguna anomalía, inmediatamente se enciende un aviso en el tablero del equipo, el cual se puede revisar con detalle utilizando el software de diagnóstico específico. El equipo no puede ingresar al recinto minero con códigos de falla activos, por lo que es importante llevar un monitoreo de aquello. A continuación, sus partes.

- a) Partes: Sensores, actuadores, conectores, módulos de control.

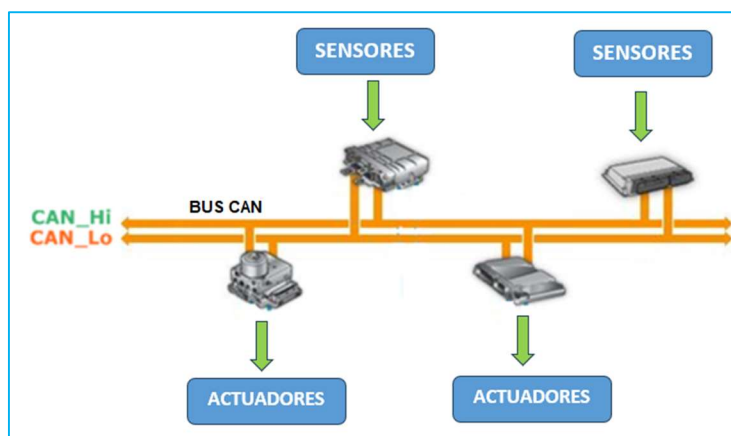


FIGURA 1-22 “CAN bus”

(Fuente: Autosaporte “Identificación de líneas multiplexadas”)

De los subsistemas descritos, en base a la frecuencia de fallas los más críticos corresponden al subsistema eléctrico con 8 fallas al año y el subsistema de rodado con 7 fallas al año. Sin embargo, el análisis a realizar en el capítulo 2 permitirá determinar el subsistema crítico basándose en el riesgo cuantitativo que representan.

1.4 CONTEXTO OPERACIONAL SEGÚN NORMA SAE JA1012

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se utiliza para ayudar a “formular estrategias de mantenimiento de activos físicos” [10] y ha sido desarrollado y perfeccionado a lo largo de los años. El uso extendido del término "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (MCC) generó la necesidad de una “norma que establezca los criterios que cualquier proceso debe cumplir para ser llamado MCC” [10]. Por un lado, la

norma SAE JA1011 describe estos criterios y, por otro lado, la norma SAE JA1012 amplía y, cuando es necesario, aclara términos y conceptos clave que son únicos para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

La norma SAE JA1011 establece que cualquier proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) debe abordar siete preguntas fundamentales. En este capítulo, se aborda parte de la primera de ellas, que se refiere a: “¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente?” [10]. El propósito de esta pregunta es permitir al usuario identificar las funciones y estándares de desempeño del activo. Para lograrlo, es esencial, en primer lugar, definir su contexto operacional.

La norma SAE JA1012 indica en primer lugar que “La definición de un contexto operacional de un activo físico típicamente incluye una descripción global breve de cómo y dónde se utilizará” [11]. Lo cual se describe a continuación.

Este autobús realiza dos viajes de ida y vuelta diariamente entre la comuna de Salamanca y el centro de operaciones mineras de Minera Los Pelambres (COM). En la mañana, inicia su jornada a las 5:00 horas desde Salamanca, llega al COM a las 8:00 horas y cuando retorna llega a Salamanca a las 11:00 horas. Luego, espera hasta la tarde para comenzar su segundo recorrido a las 17:00 horas y finaliza en el mismo punto de partida a las 23:00 horas.

La ciudad de Salamanca se encuentra a una altitud de 632 [msnm], mientras que el COM está ubicado a aproximadamente 3500 [msnm], lo que genera una diferencia de altura geográfica de 2868 [msnm] entre ambos puntos. La distancia total entre estos dos lugares es de 73 [km]. Los primeros 38 [km], hasta la entrada del recinto minero, corresponden a un camino rural asfaltado, mientras que el tramo restante es un camino de tierra que, dependiendo de las condiciones climáticas, puede estar cubierto de barro o nieve. En resumen, el equipo recorre diariamente un total de 292 [km] de los cuales 152 [km] son de camino rural asfaltado y 140 [km] son de camino con condiciones adversas. El recorrido del autobús se puede observar en el mapa de la “Figura 1-23”.



FIGURA 1-23. “Ruta Salamanca-COM”

(Fuente: Google Maps)

Además, la norma indica que para definir el contexto operacional del equipo se deben informar los aspectos específicos. Estos se detallan a continuación:

- a) Proceso fluido o proceso por lotes: El activo se encuentra en un proceso por lotes, ya que, este trabaja de forma intermitente.
- b) Estándares de calidad: Este punto tiene que ver con las expectativas que posee el consumidor sobre el activo. Para este caso, sus expectativas son que el bus transporte al personal para llegar a las 8:00 horas al Centro de Operaciones Mineras y recogerlos en el mismo lugar a las 20:00 horas para dejarlos en Salamanca.
- c) Estándares ambientales: El equipo es fabricado bajo los lineamientos de la norma Euro 5 y cumple con lo exigido por el Decreto 66 del Ministerio de Transportes y telecomunicaciones, que corresponde a la última modificación del Decreto 55, el cual “Establece normas de emisión aplicables a vehículos motorizados pesados”
- d) Estándares de seguridad: Corresponde a las expectativas de seguridad que posee el cliente respecto al activo. En este caso, es transportar de forma segura al personal, llegar a destino sin accidentes, sin lesionados, ni personas fallecidas.
- e) Lugar de operaciones: Se describen las características de la localidad en la que opera el activo. Este equipo opera entre zonas cordilleranas y precordilleranas con condiciones de altura geográfica entre 632 y 3500 metros sobre el nivel del mar.
- f) Intensidad de operación: El equipo trabaja 12 horas por día los 7 días de la semana.
- g) Redundancia: No cuenta con un equipo redundante con el que transporten el personal al mismo tiempo. Si cuenta con un equipo stand by que lo sustituye en caso de falla.
- h) Trabajo-durante-operación: Como el activo trabaja 12 horas al día, hay 12 horas disponibles donde se puede intervenir sin interferir el proceso. El primer periodo es entre las 23:00 y las 5:00 horas, sin embargo, como la empresa no cuenta con un turno de noche en el taller el horario que queda disponible es entre las 11:00 y las 17:00 horas.
- i) Repuestos: Finalizando el presente análisis es posible determinar la existencia de repuestos clave. Aunque con la información que se cuenta sobre las fallas que se han presentado, se pueden considerar en bodega repuestos que llevan poco tiempo cambiar como cinturones de seguridad, alarmas de retroceso, pértigas y ampolletas.
- j) Demanda del mercado/Suministro de materia prima: El contrato con la empresa cliente se renueva al cabo de cuatro años, por lo tanto, durante ese tiempo no hay fluctuaciones en la demanda del mercado. Sin embargo, se corre el riesgo de la cancelación del contrato si el cliente no está conforme

con el servicio entregado. Respecto al suministro de materia prima, es importante considerar la variación constante en el valor del combustible Diesel, lo que impacta en los costos fijos del proceso.

1.5 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

Actualmente, el equipo recibe mantenimiento en un taller mecánico propio de la empresa. Cuando un equipo sufre algún desperfecto y es necesario aplicar mantenimiento correctivo, primero el operador avisa a su encargado de transportes respectivo, dependiendo si el equipo corresponde a transporte de personal o transporte de carga. En ocasiones se da aviso al supervisor de mantenimiento para generar una orden de trabajo o en otras ocasiones el mismo encargado genera una orden trabajo describiendo el problema y envía el equipo al taller. La orden de trabajo es recibida por el jefe de taller quien asigna al personal que se encargará de solucionar la falla.

Respecto al mantenimiento preventivo, un tiempo antes de llevarse a cabo, se coordinan supervisor de mantenimiento y jefe de taller para ver qué día llevar el equipo a taller. Esto considerando factores como la cantidad de equipos que hay en mantenimiento y la disponibilidad de personal. Por mientras se adquieren los repuestos e insumos necesarios y llegando el día acordado se envía el equipo con una orden de trabajo especificando las tareas a realizar.

Analizando las ordenes de trabajo, es posible observar ciertas irregularidades. Por ejemplo, en algunas ocasiones se ha cambiado el aceite de motor cada 10.000 [km] y en otras ocasiones cada 20.000 [km]. Aunque la empresa consulta al fabricante respecto al plan de mantenimiento, en la práctica no se sigue una pauta de mantenimiento formal y las indicaciones que se dan para llevarlo a cabo son muy generalizadas, esto se puede observar en la “Figura 1-24” que muestra una orden de trabajo para mantenimiento preventivo. Además, pese a la cantidad de fallas del equipo, no se mantiene un historial de fallas ni un seguimiento de las mismas, el único registro que existe es el almacenamiento de las ordenes de trabajo.

ORDEN DE TRABAJO N° 00008868

DATOS DEL EQUIPO

Patente : SJP025
Marca : SCANIA
Modelo : F 310
Kms : 53950

SOLICITADO POR

Nombre : ~~ANSELMO GARCIA~~
Fecha : 1/Sep/2023
Hora : 09:59:43

MOTIVO INGRESO A TALLER

CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR Y FILTROS. (10.000 KM)
REVISAR ESTADO DE BALATAS Y TAMBORES DE FRENOS.
REVISAR COMPONENTES DE DIRECCIÓN, BARRAS, BUJES, MASAS, ETC.
REVISAR ESTADO DE CORREAS, RODILLOS Y TENSORES.
REVISAR NIVELES GENERAL, REFRIGERANTE, DIRECCIÓN, ETC.
REVISAR LUCES Y SISTEMA ELECTRICO GENERAL. (CHECK ENGINE)
REVISAR ALTO CONSUMO DE REFRIGERANTE, POSIBLE FUGA.
REVISAR CODIGO CHECK ENGINE EN TABLERO.
ENGRASE GENERAL.

ATENTAMENTE

Casa Matriz: Avda. Infante 511
Fonos (53) - 2551088 - 2433448 - Fono Fax (53) - 2433446

SALAMANCA

Email: recepcion@transrojas.cl
www.itrojas.cl

FIGURA 1-24. “Orden de trabajo para Mantenimiento preventivo”

(Fuente: Transportes Rojas)

Finalmente, para obtener un diagnóstico de la situación actual del equipo, se calcula su disponibilidad actual. Para ello en primer lugar, es necesario conocer el “tiempo promedio operativo” (TPO), que se calculó en base a la frecuencia de fallas de la siguiente manera. (6)

$$TPO = \frac{1}{FF} \text{ (6)}$$

$$TPO = \frac{1}{42 \left[\frac{fallas}{año}\right]} \times 4380 \left[\frac{horas}{año}\right] = 104,29 \left[\frac{horas}{falla}\right]$$

Con ese dato, es posible obtener la disponibilidad del equipo que da como resultado un valor de 97,24%. Para obtener este valor se lleva a cabo el cálculo que se muestra a continuación. (7)

$$Disponibilidad = \frac{TPO}{TPO + TPFS} \times 100 \text{ (7)}$$

$$Disponibilidad = \frac{104,29[horas]}{104,29[horas] + 2,95[horas]} \times 100 = 97,24\%$$

CAPÍTULO 2: **PROPUESTAS DE MEJORA A LAS PRÁCTICAS DE**
MANTENIMIENTO

2. PROPUESTAS DE MEJORA A LAS PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO

Según lo indicado por la norma SAE JA1011 “Cualquier proceso MCC debe asegurarse de responder satisfactoriamente las siguientes siete preguntas y, además, ser respondidas en la secuencia que se muestra:” [10]

- a) ¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (funciones)?
- b) ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
- c) ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
- d) ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?
- e) ¿De qué manera afecta cada falla (consecuencias de falla)?
- f) ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tareas)?
- g) ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas)?

En este apartado se irán respondiendo cada una de las preguntas con el fin de aplicar las herramientas del mantenimiento centrado en confiabilidad.

2.1 DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES

“¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente?” [10]. Para responder esta pregunta, anteriormente se definió el contexto operacional, pero aún queda definir las funciones de cada uno de los subsistemas que componen al equipo.

2.1.1. Función primaria

“La razón por la que cualquier organización adquiere algún activo o sistema es para cumplir con una función o funciones específicas”. “Todos los enunciados de una función deben contener un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño” [11].

2.1.2. Función secundaria

“Se espera que la mayoría de los activos desarrollen otras funciones, además de las funciones primarias. Las funciones secundarias normalmente son menos obvias que las funciones primarias. Pero la pérdida de una función secundaria también puede tener serias consecuencias” [11].

A continuación, se presentan las funciones de cada uno de los subsistemas definidos en el apartado anterior, lo que corresponde al primer paso del análisis.

2.1.3. Funciones del subsistema eléctrico

a) Función primaria:

- Entregar a los componentes eléctricos un voltaje entre 24[V] y 30[V].

b) Función secundaria:

- Iluminar el interior del bus.
- Permitir que el auto bus sea visible para otros vehículos y peatones.
- Alimentar con energía eléctrica componentes relacionados con la confortabilidad, como la radio y el televisor.
- Alimentar con energía eléctrica componentes de otros subsistemas, como los ventiladores de la calefacción.

2.1.4. Funciones del subsistema neumático

a) Función primaria:

- Entregar a los componentes neumáticos aire a una presión entre 8,5 y 12,5 [bar].

b) Función secundaria:

- Alimentar con aire a presión otros subsistemas, como el sistema de frenos.
- Permitir el funcionamiento de componentes relacionados con la confortabilidad, como el WC, la puerta y el bloqueo de los maleteros.

2.1.5. Funciones del subsistema dirección hidráulica

a) Función primaria:

- Suministrar a la caja de dirección aceite a una presión entre 90 y 185 [bar].

b) Función secundaria:

- Disminuir los esfuerzos del conductor para maniobrar el auto bus.

2.1.6. Funciones del subsistema de enfriamiento

a) Función primaria:

- Mantener temperatura del líquido refrigerante del motor entre 90 y 95[°C].

b) Función secundaria:

- Proveer de agua caliente al subsistema de calefacción.

2.1.7. Funciones del subsistema de reducción catalítica

a) Función primaria:

- Suministrar Adblue en el tubo de escape con un flujo másico de al menos 20 [g/min].

b) Función secundaria:

- Mantener los niveles de NOx menores a 0,18 [gr/km] y cumplir con la normativa de emisiones exigida en el país.

2.1.8. Funciones del subsistema de retención

a) Función primaria:

- Soportar una fuerza de a lo menos 1,5[ton].

b) Función secundaria:

- Mantener a los ocupantes sujetos en el asiento.

2.1.9. Funciones del subsistema de calefacción

a) Función primaria:

- Mantener la temperatura interior entre 22[°C] y 28[°C].

b) Función secundaria:

- Desempañar el parabrisas para no interferir la vista del conductor.

- Informar la temperatura interior del auto bus.

2.1.10. Funciones del subsistema de rodado

a) Función primaria:

- Mantener dentro del neumático una presión entre 7,5 a 8,5 [bar] con un remanente en la banda de rodadura no menor a 4 [mm].

b) Función secundaria:

- Soportar el peso del vehículo.
- Permitir el contacto adecuado con la superficie del camino.
- Absorber pequeñas irregularidades del camino.

2.1.11. Funciones del subsistema de frenos

a) Función primaria:

- Detener el vehículo con una eficacia de frenado igual o mayor al 50%.

b) Función secundaria:

- Disminuir parcial o totalmente la velocidad del vehículo.
- Disipar el calor producido durante la frenada.

2.1.12 Funciones del subsistema de transmisión

a) Función primaria:

- Transmitir desde el motor hacia las ruedas una potencia de 310[CV].

b) Función secundaria:

- Multiplicar el torque entregado por el motor.

2.1.13 Funciones del subsistema de lubricación

a) Función primaria:

- Suministrar al motor aceite con una presión entre 0,7 y 6 [bar].

b) Función secundaria:

- Lubricar componentes internos del motor.
- Colaborar con el enfriamiento del motor.

- Mantener la limpieza de las superficies internas del motor.

2.1.14. Funciones del subsistema de combustible

a) Función primaria:

- Suministrar combustible desde el depósito hacia el motor a una presión entre 9-12[bar] antes de la bomba elevadora y entre 500-2400[bar] después de la bomba elevadora.

b) Función secundaria:

- Lubricar inyectores y bomba elevadora.

2.1.15. Funciones del subsistema de motor

a) Función primaria:

- Suministrar al subsistema de transmisión una potencia de 310[CV] a las 1900[rpm].

b) Función secundaria:

- Entregar energía mecánica a componentes de otros subsistemas, como el alternador o el compresor.

2.1.16. Funciones del subsistema de aire acondicionado

a) Función primaria:

- Mantener la temperatura interior entre 16 y 21[°C].

b) Función secundaria:

- Informar la temperatura interior del salón.
- Filtrar el aire que ingresa al salón.

2.1.17. Funciones del subsistema de freno auxiliar

a) Función primaria:

- Disminuir la velocidad del vehículo con una potencia de 500[kW].

b) Función secundaria:

- Evitar el sobrecalentamiento de los frenos de servicio.

2.1.18. Funciones del subsistema de suspensión

a) Función primaria:

- Absorber las irregularidades del camino con oscilaciones de baja amplitud y frecuencia menor a 1[Hz] o mayor a 25[Hz].

b) Función secundaria:

- Soportar el peso del vehículo.
- Mantener la estabilidad del vehículo.

2.1.19. Funciones del subsistema de dirección

a) Función primaria:

- Mantener la alineación de las ruedas con cámbel de $0.60^{\circ} \pm 0.25$, cáster de $2.50^{\circ} \pm 0.35$ y convergencia de $0.20^{\circ} \pm 0.15$

b) Función secundaria:

- Permitir al operador guiar el vehículo a su voluntad
- Mantener la estabilidad del vehículo.

2.1.20. Funciones del subsistema de control electrónico

a) Función primaria:

- Controlar los componentes electrónicos recibiendo señales de los sensores de 0,1[V] a 5[V].

b) Función secundaria:

- Avisar al operador sobre la ocurrencia de fallas a través del tablero.
- Controlar componentes de otros subsistemas, por ejemplo, los inyectores del subsistema de combustible.

2.2 FALLAS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLA

Según indica la norma SAE JA1011, para seguir desarrollando correctamente el MCC se continúa respondiendo la segunda y tercera pregunta, que son:

- b) ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (falla funcional)?
- c) ¿Qué causa cada falla funcional (modo de falla)?

Las preguntas hacen referencia a las fallas funcionales y los modos de falla respectivamente. Respecto a cada uno, la norma indica lo siguiente:

2.2.1. Falla funcional

Una falla funcional es “Un estado en el que un activo físico o sistema no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado” [11]. Para responder satisfactoriamente la pregunta “Se deben definir todos los estados de falla asociados con cada función” [11].

2.2.2. Modos de falla

Un modo de falla es “Un evento único, que causa una falla funcional” [11] y, además, “se deben identificar los modos de falla probables que puedan causar cada falla funcional” [11]. “Las listas de los modos de falla deben incluir los modos de falla que han ocurrido antes, los modos de falla 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 piensan probables (creíbles) en el contexto operacional” [10].

En la “Tabla 2-1” se observa como ejemplo, las fallas funcionales y modos de falla que corresponden al subsistema eléctrico. En el “**Anexo B: Fallas funcionales y modos de falla**” se adjuntan las tablas para cada subsistema considerado

TABLA 2-1 “Fallas funcionales y modos de falla del subsistema eléctrico”

Sistema/Subistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema eléctrico	1	Entregar a los componentes eléctricos un voltaje entre 24[V] y 30[V]	1.1	El subsistema no entrega a los componentes eléctricos un voltaje entre 24[V] y 30[V]	1.1.1	Terminales de batería sueltos
					1.1.2	Terminales de batería quebrados
					1.1.3	Baterías totalmente descargadas
					1.1.4	Fusible quemado
					1.1.5	Cable cortado
					1.1.6	Alarma de retroceso quemada
					1.1.7	Luz quemada
					1.1.8	Pértiga quemada
					1.1.9	Cámara de retroceso quemada
			1.2	El subsistema entrega a los componentes eléctricos un voltaje menor a 24[V] o mayor a 30[V]	1.2.1	Correa alternador cortada
					1.2.2	Regulador de voltaje del alternador quemado
					1.2.3	Rectificador del alternador quemado
					1.2.4	Carbones del alternador desgastados
					1.2.5	Alternador quemado

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

2.3 EFFECTOS Y CONSECUENCIAS DE LA FALLA

Continuando con la aplicación del MCC, una vez identificados los modos de falla, se continúa respondiendo las siguientes preguntas:

- d) ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?
- e) ¿De qué manera afecta cada falla (consecuencias de falla)?

Las preguntas hacen referencia a los efectos de falla y consecuencias de falla respectivamente.

2.3.1. Efectos de falla

La norma indica que “Los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla” [10]. Complementando lo anterior, la norma SAE JA1012 señala que la definición de un efecto de falla debe describir:

- Si hay alguna evidencia de que el modo de falla ha ocurrido
- Si hay una posibilidad que alguien pueda ser herido o muerto como resultado directo del modo de falla
- Si afecta a la producción o las operaciones
- Si el modo de falla en consideración causa daños significativos a otros componentes o sistemas
- La acción que se requiere para corregir el modo de falla después que este ha ocurrido.

2.3.2. Consecuencias de falla

“Después que se ha identificado cada modo de falla y sus efectos a un nivel de detalle apropiado, el siguiente paso en el proceso MCC es evaluar las consecuencias de cada modo de falla” ... “La valoración de las consecuencias de falla se debe realizar como si ninguna tarea específica se esté llevando a cabo actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla” [11]. Las categorías de las consecuencias de falla son las siguientes:

- a) Consecuencias en la Seguridad: Si existe una probabilidad intolerable de que pueda matar o dañar a un ser humano.
- b) Consecuencias Ambientales: Si existe una probabilidad intolerable de que pueda violar cualquier norma o regulación ambiental conocida.

c) Consecuencias Operacionales: Si la falla afecta la capacidad de ingreso de la organización. Comúnmente son evaluadas en términos económicos.

2.3.3. Evaluación cualitativa de las consecuencias de falla

Para evaluar las consecuencias ambientales y en seguridad, se evalúa puntuando cualitativamente con las letras “a-b-c”, siendo “a” una consecuencia de gran impacto, “b” de medio impacto y “c” de bajo impacto. Como este método se utiliza para evaluar dos tipos de consecuencia, posteriormente se ingresan los valores a una matriz cualitativa de 3x3, donde el eje “x” corresponde a consecuencias de ambiente y el eje “y” a consecuencias de seguridad. Finalmente, la matriz da un resultado que puede tomar los siguientes valores “1-2-3”, siendo “1” el nivel más bajo de riesgo y “3” el nivel más alto de riesgo. De esta manera es posible determinar cuáles modos de fallas son los más críticos en términos cualitativos, es decir, en seguridad, higiene y ambiente (SHA). En la “Figura 2-1” se presenta la matriz de riesgos utilizada.

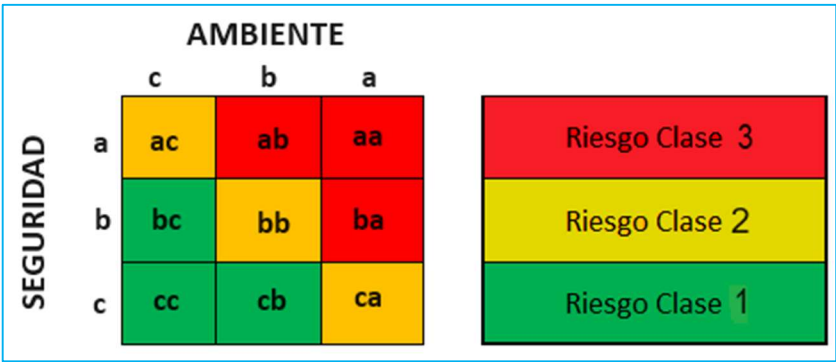


FIGURA 2-1 “Matriz cualitativa de riesgos”
(Fuente: Elaboración propia)

2.3.4. Evaluación cuantitativa de las consecuencias de falla

Esta evaluación corresponde a las consecuencias operacionales. Para evaluarlas, en primer lugar, se revisa la siguiente información sobre cada modo de falla:

- a) Frecuencia de falla (FF):
 - Cuantas veces ocurre el modo de falla al año.
- b) Tiempo medio de reparación (MTTR):
 - Cuanto es el tiempo promedio que demora en restaurar sus funciones, considerando logística, ejecución y puesta en marcha.
- c) Impacto en producción:

- Es la pérdida de producción por cada hora que el equipo está detenido. Para el caso de estudio, el contrato del bus aporta mensualmente a la empresa un monto de \$13.915.566. Para calcular el impacto en producción, esto es dividido en los 30 días del mes y ese resultado dividido en las 12 horas diarias que trabaja el equipo, obteniendo un resultado de 38.654 [\$/hr]. El cálculo se muestra a continuación (8):

$$IMP.PROD = \frac{\frac{13915566[\$]}{30[dia]}}{\frac{12[hr]}{1[dia]}} = 38654 \left[\frac{\$}{hr} \right] \quad (8)$$

d) Costos directos por falla:

- Es el resultado de multiplicar el valor de hora-hombre (HH) necesario para reparar la falla con el MTTR y a esto sumar los repuestos o insumos necesarios (10). El valor de los repuestos se observa en el “**Anexo A: Cotización de repuestos**”. Para calcular el valor de HH se consideró un sueldo promedio de \$900.000, el cual se dividió en 30 días del mes y ese resultado se dividió en 9 horas al día que trabaja un mecánico en el taller de la empresa. Quedando como se muestra a continuación. (9)

$$HH = \frac{\frac{900000[\$]}{30[dia]}}{\frac{9[hr]}{1[dia]}} = 3333 \left[\frac{\$}{hr} \right] \quad (9)$$

$$Costos\ directos\ falla = (HH * MTTR) + Repuestos \quad (10)$$

Finalmente, el riesgo cuantitativo del modo de falla se calcula utilizando la siguiente fórmula (11):

$$Riesgo\ cuantitativo = FF * (MTTR * IMP.PROD. + Costos\ directos\ falla) \quad (11)$$

Además de las fallas mostradas en la “Tabla 1-1”, para apoyar el análisis también se considera información de fallas sobre el otro bus de la empresa que es del mismo modelo y presta servicios desde Salamanca a Minera los Pelambres, pero que presenta un año más de antigüedad y actualmente no hace el recorrido todos los días como el presente caso de estudio. En la siguiente “Tabla 2-2”, se muestran las fallas ocurridas solamente durante el último año al “Bus 2”.

Las fallas que se observan en la “Tabla 2-2” se utilizan para proyectar la frecuencia de falla de modos de falla que en el “Bus 1” aún no han ocurrido. En el caso de que el modo de falla ya ocurrió en el “Bus 1” se considera la frecuencia de falla mayor. Por ejemplo, en el “Bus 1” el enclavamiento de los cinturones de seguridad ha fallado 2 veces, pero en el “Bus 2” la misma falla ha ocurrido 3 veces, por lo tanto, para ese modo de falla su FF será de 3 veces al año.

TABLA 2-2 “Fallas ocurridas en el último año al Bus 2”

Sistema	Modo de Falla	Cantidad	Kilometraje
Sistema control electrónico	Sensor quemado	1	81976
Sistema control electrónico	Sensor aislado	2	114230/142677
Sistema neumático	Manguera suelta	6	84189/102361/103028/105556/118490/142677
Sistema neumático	Manguera cortada	1	126770
Sistema eléctrico	Luz quemada	4	84189/115498/119104/134615
Sistema eléctrico	Fusible quemado	1	119104
Sistema eléctrico	Cable cortado	1	126699
Sistema rodado	Neumático pinchado	6	86426/109059/126773/127095/134215/134613
Sistema rodado	Neumático desgastado	14	88240/92170/103028/118230/136177
Sistema aire acondicionado	Correa cortada	1	89575
Sistema de retención	Cinturón no enclava	3	90616/98192/114230
Sistema de retención	Retractiva trabada	4	98192
Sistema de motor	Filtro de aire saturado	6	90616/103028/114230/119104/129197/142677
Sistema de frenos	Frenos desregulados	2	94013/127952
Sistema de frenos	Balatas desgastadas	1	118490
Sistema de enfriamiento	Fuga de refrigerante	1	100754
Sistema de enfriamiento	Tapa depósito vencida	1	114230
Sistema dirección hidráulica	Fuga de aceite hidráulico	2	102361/119104
Sistema freno auxiliar	Aceite desgastado	1	115498
Sistema freno auxiliar	Manguera refrigerante cortada	1	142677
Sistema de suspensión	Ballesta fracturada	3	118490/142677
Sistema de reducción catalítica	Filtro de Adblue obstruido	1	126699
Sistema calefacción	Ventilador quemado	1	127952
	TOTAL	64	

(Fuente: Elaboración propia)

En la “Tabla 2-3” se observan como ejemplo, los efectos y consecuencias de falla que corresponden al subsistema eléctrico. En el “Anexo C: Efectos y consecuencias de falla” se adjuntan las tablas para cada subsistema considerado

TABLA 2-3. “Efectos y consecuencias subsistema eléctrico”

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
1.1.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el tablero Acción correctiva: Apretar terminales	0	0,5	\$38.654	\$ 1.667	c	c	\$ -	cc	1
1.1.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el tablero Acción correctiva: Cambiar terminales	0	1	\$38.654	\$ 8.323	b	c	\$ -	bc	1
1.1.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el tablero Acción correctiva: Cargar baterías	0	4	\$38.654	\$ 13.333	c	c	\$ -	cc	1
1.1.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el componente eléctrico Acción correctiva: Cambiar fusible	1	0,5	\$38.654	\$ 4.057	c	c	\$ 23.384	cc	1
1.1.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el componente eléctrico Acción correctiva: Reparar cable	1	2	\$38.654	\$ 6.667	b	c	\$ 83.975	bc	1
1.1.1.6	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende la alarma Acción correctiva: Cambiar alarma de retroceso	1	1	\$38.654	\$ 16.323	b	c	\$ 54.978	bc	1
1.1.1.7	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende la luz Acción correctiva: Cambiar luz	4	0,5	\$38.654	\$ 8.667	b	c	\$ 111.975	bc	1
1.1.1.8	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende pértiga Acción correctiva: Cambiar pertiga	2	0,5	\$38.654	\$ 38.657	b	c	\$ 115.968	bc	1
1.1.1.9	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende la cámara Acción correctiva: Cambiar cámara	1	7	\$38.654	\$ 83.323	b	c	\$ 353.904	bc	1
1.2.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende el tablero, pero no el motor Acción correctiva: Cambiar correa	0	1	\$38.654	\$ 52.734	c	c	\$ -	cc	1
1.2.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende luz de aviso en tablero Acción correctiva: Desarmar alternador y realizar mantenimiento	0	3	\$38.654	\$ 53.208	c	c	\$ -	cc	1
1.2.3.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende luz de aviso en tablero Acción correctiva: Desarmar alternador y realizar mantenimiento	0	3	\$38.654	\$ 40.740	c	c	\$ -	cc	1
1.2.4.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende luz de aviso en tablero Acción correctiva: Desarmar alternador y realizar mantenimiento	0	3	\$38.654	\$ 53.208	c	c	\$ -	cc	1
1.2.5.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende luz de aviso en tablero Acción correctiva: Cambiar alternador	0	7	\$38.654	\$273.323	c	c	\$ -	cc	1

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

2.3.5. Modos de falla críticos

Analizando la evaluación cualitativa de los efectos y consecuencias, es posible observar que los modos de falla con nivel 3 de riesgo y, por lo tanto, los más críticos en base a esta evaluación son los que presentan en la “Tabla 2-4”.

TABLA 2-4. “Modos de falla críticos según evaluación cualitativa”

Subsistema	Modo de falla	Riesgo cualitativo	Nivel de riesgo
Dirección hidráulica	Flexible cortado	aa	3
	Depósito de aceite roto	aa	3
Combustible	Filtro de combustible roto	aa	3
	Estanque de combustible roto	aa	3
	Manguera cortada	aa	3
	Cañerías sueltas	aa	3
Reducción catalítica	Manguera cortada	ba	3
Rodado	Banda de rodadura desgastada	ab	3
Frenos	Balatas totalmente desgastadas	ab	3
	Frenos sobrecalentados	ab	3
	Balatas parcialmente desgastadas	ab	3
	Tambores de freno desgastados	ab	3

(Fuente: Elaboración propia)

Respecto a la evaluación cuantitativa, considerando la frecuencia de fallas que se ha obtenido de la ordenes de trabajo, los 5 modos de falla más críticos son los que se presentan en la “Tabla 2-5”.

TABLA 2-5. “Modos de falla críticos según evaluación cuantitativa”

Subsistema	Modo de falla	Riesgo cuantitativo [\$/año]
Rodado	Banda de rodadura desgastada	\$ 7.447.688
Suspensión	Ballesta fracturada	\$ 2.447.674
Dirección	Barra de dirección deformada	\$ 1.429.104
Motor	Filtro de aire saturado	\$ 1.372.156
Dirección	Rótula de dirección desgastada	\$ 1.109.711

(Fuente: Elaboración propia)

El modo de falla que se repite en ambas tablas es “Banda de rodadura desgastada”, por lo tanto, el subsistema más crítico del equipo corresponde al “Subsistema de rodado”.

Estos resultados están estrechamente relacionados con la frecuencia de fallas, ya que, varios de los modos de falla del listado no se han manifestado en el equipo y por lo tanto el riesgo cuantitativo queda en valor cero. Sin embargo, en un caso hipotético en donde no se realiza absolutamente ninguna actividad de mantenimiento en el equipo y los modos de falla ocurriesen a lo menos una vez en el año, los modos de falla más riesgosos son los que se muestran a continuación en la “Tabla 2-6”, en donde la acción correctiva corresponde a ajustar el motor.

TABLA 2-6. “Modos de falla críticos situación sin mantenimiento”

Subsistema	Modo de falla	Riesgo cuantitativo [\$/año]
Lubricación	Ductos de aceite obstruídos	\$ 11.438.522
Motor	Anillos desgastados	
	Conjunto móvil trabado	

(Fuente: Elaboración propia)

2.4 ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Una vez evaluados los efectos y consecuencias de los modos de falla, para continuar con la aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad se debe responder la siguiente pregunta:

f) ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tareas)?

La respuesta a esta pregunta es entregada por la “Selección de políticas de manejo de fallas”. Según indica la norma: “Todas las tareas programadas deben ser técnicamente factibles, aplicables y efectivas”, además, “La selección de las políticas de manejo de fallas debe ser llevada a cabo como si ninguna tarea específica estuviese siendo realizada actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla” [10].

Para seleccionar correctamente las tareas de mantenimiento, se aplica para cada modo de falla el diagrama de decisiones presentado en la “Figura 2-2”.

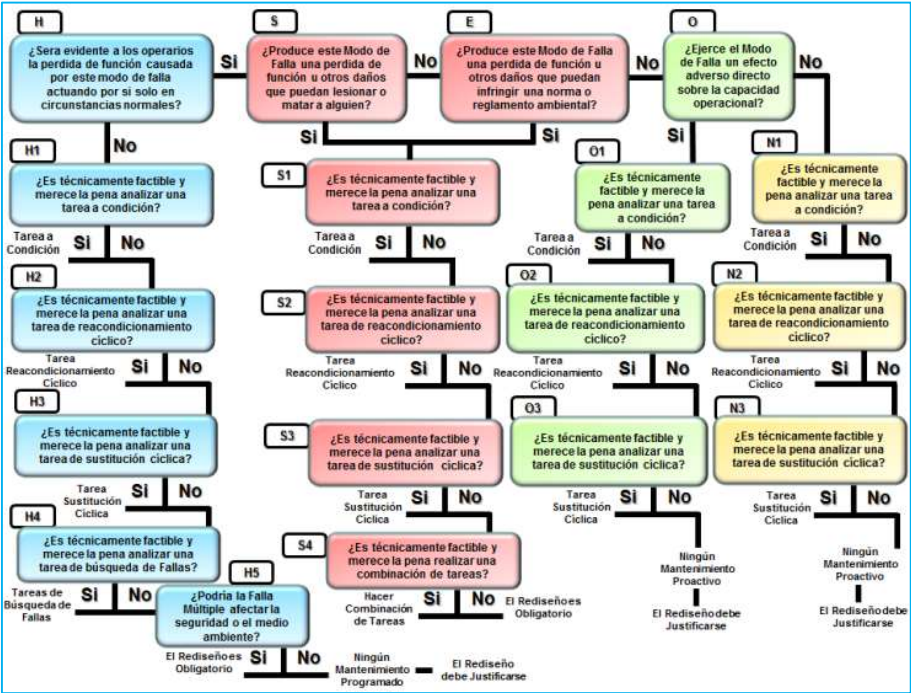


FIGURA 2-2 “Diagrama de decisión”

(Fuente: Reliability-Centered Maintenance RCM II, Jhon Moubray)

El diagrama comienza en la esquina superior izquierda, donde primeramente pregunta si el modo de falla es evidente al operador, dependiendo si la respuesta es “Si” o “No” se debe seguir el diagrama e ir respondiendo las preguntas hasta llegar a la tarea de mantenimiento que indica. En la primera fila horizontal, es posible observar que cada pregunta está acompañada por las letras “H”, “S”, “E” y “O” respectivamente, esta denominación significa que le pregunta hace referencia a:

- H: Si la falla es evidente.
- S: Si la falla afecta en seguridad, puede lesionar o matar a alguien.
- E: Si la falla afecta ambientalmente, puede infringir una norma o reglamento ambiental.
- O: Si la falla afecta la capacidad operacional.

Luego, en las filas que se encuentran más abajo, cada letra está acompañada por un número “1-2-3-4-5” el cual representa el número de la fila y las tareas de mantenimiento de la siguiente manera:

- H1-S1-E1-O1: Tarea a condición
- H2-S2-E2-O2: Reacondicionamiento cíclico
- H3-S3-E3-O3: Sustitución cíclica
- H4: Tarea de búsqueda de fallos
- S4: Combinación de tareas
- H5: Rediseño

Al utilizar el diagrama de decisión, la respuesta a cada pregunta debe quedar registrada en una “Hoja de decisión” como la que se presenta la “Tabla 2-7”. En ella se indica la función (F), la falla funcional (FF) y el modo de falla (MF). Las preguntas están representadas por la simbología anteriormente descrita y se rellena con una letra “S” si la respuesta es “Si” y una letra “N” si la respuesta es “No”. Además, se describe la tarea de mantenimiento a realizar, su frecuencia de aplicación y el encargado de realizarlo.

En la “Tabla 2-8” se observa como ejemplo, la hoja de decisión que corresponde al subsistema de rodado. En el “Anexo D: Hojas de decisión” se adjuntan las tablas para cada subsistema considerado

TABLA 2-7. “Hoja de decisión"

Registro en "Hoja de decision RCM"															
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo					Sistema N°									
						Scania F310									
	Sub-Sistema					Sub-Sistema									
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias				H1	H2	H3	Tareas a falta de			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

TABLA 2-8. “Hoja de decisión subsistema rodado"

Registro en "Hoja de decision RCM"																
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310													
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Rodado													
			Fecha: 10/03/24		Hoja N° 8											
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias				H1	H2	H3	Tareas a falta de				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
8	8.1	8.1.1	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Diario	Operador	
8	8.1	8.1.2	N				S						Medir aire a neumáticos			
8	8.2	8.2.1	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	10 veces al año (Cada 5 semanas)	Vulcanizador	
													Medición de profundidad a surcos de la banda de rodadura y rotación de neumáticos			

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Una vez completadas las hojas de decisión, se procede a traspasar a la planilla del FMECA, la información sobre: “Actividad de mantenimiento”, “Acción a ejecutar” y “Frecuencia de aplicación”. Además, a cada modo de falla se le asigna:

- Número de personas: Cantidad de personas necesarias para ejecutar la acción.
- HH de ejecución: Cantidad de horas necesarias para ejecutar la acción.
- Tarifa especialidad: Valor de la hora-hombre (HH).
- Insumos, materiales o servicios requeridos: Se incluye el valor de repuestos, insumos o servicios necesarios para ejecutar la acción.
- Presupuesto Anual: Es el presupuesto anual requerido necesario para ejecutar la acción. Si la misma acción se ejecuta en otro modo de falla, el valor es calculado solo una vez para no afectar el presupuesto anual total. Se calcula multiplicando la frecuencia de aplicación, número de personas, HH de ejecución y tarifa de especialidad, a este resultado se suma el producto entre los materiales y la frecuencia de aplicación. El cálculo se aprecia en la fórmula (12).

$$PPTO\ Anual = (Frec.\ apl.* N^{\circ}\ personas * HH * Tarifa) + (Mat.* Frec.\ apl.) \quad (12)$$

En la “Tabla 2-9” se observa como ejemplo, los datos descritos para el subsistema eléctrico. En el “**Anexo E: Acciones de mantenimiento y presupuesto anual**” se adjuntan las tablas para cada subsistema considerado

Hay filas que no tienen ningún valor de “Presupuesto anual”, esto se debe a que no existe ninguna tarea programada o porque la actividad de mantenimiento ya fue considerada. Por ejemplo, se observa en la “Tabla 2-9” que en el modo de falla “1.2.2” la acción de mantenimiento es “Lectura de voltaje en el panel de instrumentos”, acción que ya fue considerada en el modo de falla “1.1.3”, es decir, la misma lectura de voltaje aplica para ambos modos de falla.

Para obtener el presupuesto anual total, se suman los presupuestos de todos los modos de falla, obteniendo como resultado un valor de **\$7.542.169** al año para efectuar todas las actividades de mantenimiento.

TABLA 2-9. “Presupuesto anual subsistema eléctrico”

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
1.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual. Apretar terminales si es necesario	5	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 1.667
1.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual, Cambiar terminales si es necesario	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ 4.990	\$ 9.990
1.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 121.667
1.1.4	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							\$ -
1.1.5	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							\$ -
1.1.6	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y prueba de funcionamiento	365	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 243.333
1.1.7	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y prueba de funcionamiento	365	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 243.333
1.1.8	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y prueba de funcionamiento	365	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 243.333
1.1.9	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y prueba de funcionamiento	365	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 243.333
1.2.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a la correa del alternador	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
1.2.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
1.2.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
1.2.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
1.2.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Respecto a los modos de falla que quedan sin ninguna tarea programada, aplica la última pregunta del MCC:

g) ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas)?

La norma SAE JA1011 indica que:

- “En casos donde la falla es oculta y no hay ninguna tarea programada apropiada, la falla múltiple asociada no debe tener consecuencias en la seguridad ni el ambiente.”
- En casos donde la falla es evidente y no hay ninguna tarea programada apropiada, el modo de falla asociado no debe tener consecuencias en la seguridad ni en el ambiente.

En el presente análisis se utilizó el diagrama de decisión y la hoja decisión para asegurarse de cumplir con esos puntos.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

3. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

Con el fin de determinar que las acciones de mantenimiento propuestas sean viables para la empresa, se realizan las siguientes evaluaciones.

3.1. EVALUACIÓN TÉCNICA

Respecto a las acciones de mantenimiento definidas, las que son de carácter diario deben ser ejecutadas por el operador. Para ello, es importante que dichas acciones se cumplan rigurosamente, ya que, permiten llevar un seguimiento del comportamiento del equipo. Las inspecciones que debe ejecutar el operador principalmente corresponden a inspecciones visuales y monitoreo de parámetros que se pueden leer en el tablero del equipo. Sin embargo, la acción “Medir presión de aire a los neumáticos”, no es posible de ejecutar a través del tablero del bus y, por lo tanto, es necesario proveer al operador de un manómetro para medir la presión de los neumáticos. Un manómetro de estas características se observa en la “Figura 3-1”.



FIGURA 3-1. “Manómetro presión de neumáticos”

(Fuente: Mercado Libre)

Además, para asegurarse de que las inspecciones y el monitoreo se cumplan, se genera un documento de inspección diaria llamado “PM-0”. En él se incorporan las acciones que debe realizar el operador diariamente antes y después de operar el equipo. También se realizan preguntas al operador asignando un espacio para que pueda dejar observaciones si notó algo inusual durante la operación. La importancia de este

documento radica en que se cumplan rigurosamente cada una de las acciones y fomentar la comunicación entre operador y área de mantenimiento. Si el operador es poco comunicativo o notó algo durante la operación y después lo olvidó, por lo general esa información se perderá, por lo tanto, este documento busca inducir que aquello quede registrado. Por otro lado, el supervisor de mantenimiento debe encargarse de leer a conciencia la información diaria y registrarla para generar una base de datos del equipo con el fin de notar comportamientos inusuales y anticiparse a las fallas. El documento “PM-0” se observa en la “Figura 3-2”.

	PAUTA INSPECCIÓN OPERADOR SCANIA F310 PM-0		
Patente:	Hora inicial de operación:	Fecha:	
Nivel de combustible:	Hora final de operación:	Observaciones:	
Punto de partida:	Kilometraje:		
Destino:	Area de trabajo:		
OK: BUEN ESTADO NC: NECESITA CORRECCION NA: NO APLICA			
ANTES DE OPERAR			
DESCRIPCIÓN	OK	NC	NA
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE POSICIÓN ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES BAJAS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES ALTAS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES INTERMITENTES ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LOS NEBLINEROS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE FRENO ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE RETROCESO ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LOS FOCOS FAENEROS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LA ALARMA DE RETROCESO SUENE AL PONER REVERSA			
COMPROBAR QUE LA CÁMARA DE RETROCESO PRENDA AL PONER REVERSA			
COMPROBAR QUE LA PÉRTIGA ENCIENDA			
COMPROBAR QUE LA BALIZA ENCIENDA			
COMPROBAR QUE LA BOCINA SUENE			
REVISAR QUE EL NIVEL DEL LÍQUIDO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA NO TENGA FUGAS			
REVISAR QUE EL NIVEL DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE REFRIGERANTE MOTOR NO TENGA FUGAS			
REVISAR QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
COMPROBAR QUE ENCLAVEN TODOS LOS CINTURONES DE SEGURIDAD Y QUE SU RETRACTIL SE MUEVA CON LIBERTAD SIN TRABARSE			
COMPROBAR QUE LA PRESIÓN DE LOS NEUMÁTICOS ESTÉ ENTRE 7,5-8,5[BAR]			
REVISAR QUE EL EQUIPO CUENTE CON EXTINTOR			
REVISAR QUE EL EQUIPO CUENTE CON BOTIQUÍN			
REVISAR QUE EL EQUIPO CUENTE CON CUÑAS			
REVISAR QUE EL EQUIPO CUENTE CON CONOS			
REVISAR QUE EL EQUIPO CUENTE CON GATA			
REVISAR QUE EL EQUIPO CUENTE CON LLAVE DE RUEDA			
REVISAR QUE EL EQUIPO CUENTE CON RUEDA DE REPUESTO			
DESCRIPCIÓN	ANOTE SUS OBSERVACIONES Y RESULTADOS		
LEA EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS EN EL TABLERO Y ANOTE EL VALOR			
ANTES DE ARRANCAR EL MOTOR DEBE ESTAR ENTRE 24-26[v]			
CON EL MOTOR FUNCIONANDO DEBE ESTAR ENTRE 27-30[v]			
LEA LA PRESIÓN DE AIRE EN EL TABLERO Y TOME EL TIEMPO QUE DEMORA EN ALCANZAR 12,5 [BAR]			
DESPUÉS DE OPERAR			
ANOTE UNA OBSERVACIÓN SI LA TEMPERATURA DEL MOTOR DISMINUYÓ DE 90°C O AUMENTÓ DE 95°C DURANTE LA OPERACIÓN			
ANOTE UNA OBSERVACIÓN SI EN EL TABLERO APARECIÓ ALGÚN CÓDIGO DE FALLAS DURANTE LA OPERACIÓN			
ANOTE UNA OBSERVACIÓN SI LA PRESIÓN DEL AIRE DISMINUYÓ DE 8,5[BAR] O AUMENTÓ DE 12,5[BAR] DURANTE LA OPERACIÓN			
ANOTE UNA OBSERVACIÓN SI NOTÓ CUALQUIER COMPORTAMIENTO INUSUAL DEL EQUIPO DURANTE LA OPERACIÓN			
NOMBRE Y FIRMA RESPONSABLE DEL EQUIPO		VºBº NOMBRE Y FIRMA SUPERVISOR MANTENIMIENTO	

FIGURA 3-2. “Pauta PM-0”
(Fuente: Elaboración propia)

Las acciones de mantenimiento que no corresponden al operador deben ser realizadas por mecánicos, electromecánicos, mecánico lubricador y vulcanizador. La empresa cuenta con un taller en sus dependencias donde trabaja personal con estos cargos. En dicho taller existe la infraestructura, instrumentos de medición y maquinarias necesarias para efectuar las acciones de mantenimiento definidos en el análisis. En la “Figura 3-3” se muestra una imagen satelital del taller mecánico de la empresa y en la “Figura 3-4” un esquema que representa la distribución de las áreas de trabajo dentro del mismo.

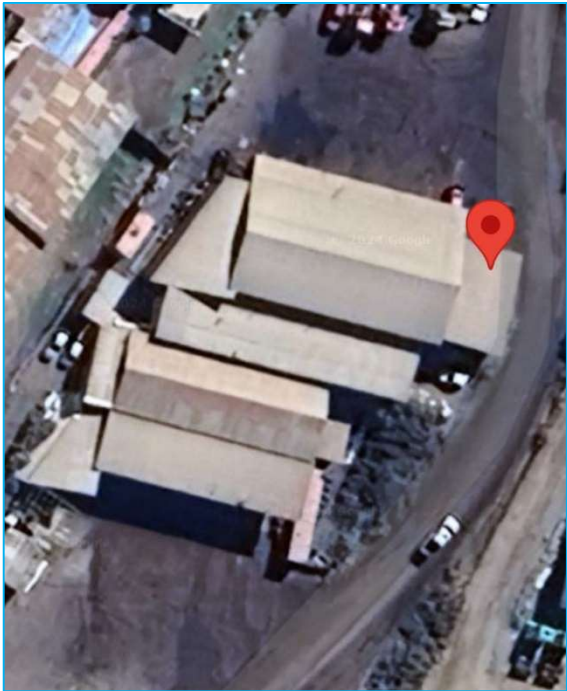


FIGURA 3-3. “Taller mecánico”
(Fuente: Google Maps)

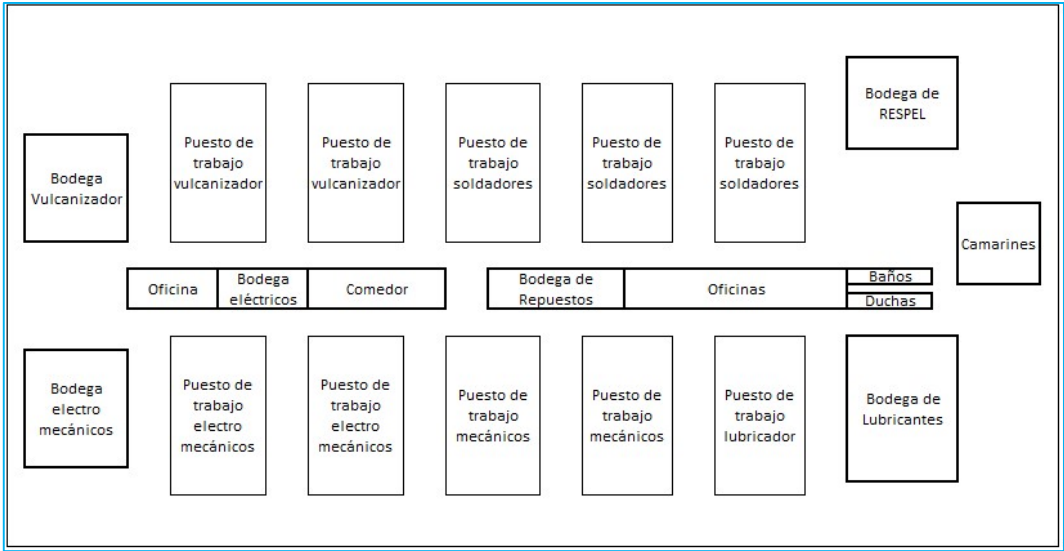


FIGURA 3-4. “Distribución Taller mecánico”
(Fuente: Elaboración propia)

En la “Figura 3-5” es posible observar dos equipos de la empresa dentro del taller mecánico y en la “Figura 3-6” se muestra el software de diagnóstico “Scania Diagnos & Programmer 3” (SDP3), que es una de las herramientas necesarias para efectuar las acciones de mantenimiento definidas.



FIGURA 3-5 “Equipos en Taller mecánico”

(Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada el 10/08/2019)

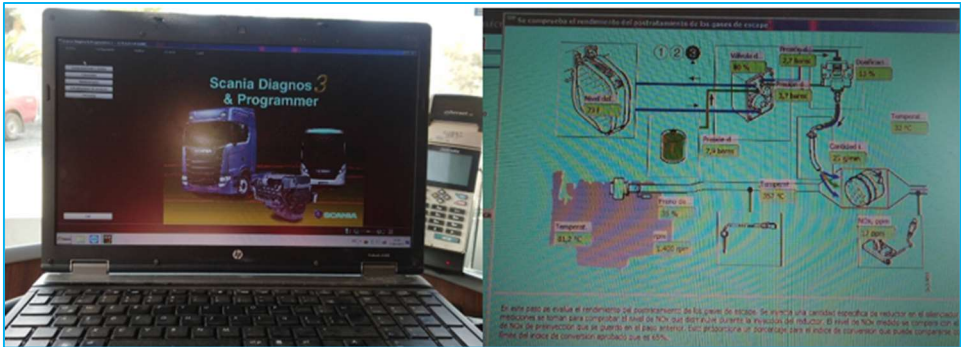


FIGURA 3-6 “Scania Diagnos & Programmer 3”

(Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada 12/03/2019)

Para cumplir cada una de las acciones de mantenimiento definidas en el análisis, se generan cuatro pautas de mantenimiento programado que deben ser aplicadas por el personal correspondiente en el taller mecánico de la empresa. Estos documentos, al igual que la pauta “PM-0” buscan que cada una de las acciones definidas sean cumplidas con rigurosidad y en el momento que corresponde, dejando registro de aquello. Por otro lado, el supervisor de mantenimiento debe encargarse de registrar la información obtenida en cada uno de los mantenimientos programados con el fin de generar una base de datos que permita conocer el comportamiento del equipo y anticipar fallas.

En el primer documento llamado “PM-1” se incluyen las acciones diarias y, además, las acciones que deben efectuarse con una frecuencia de 10 veces al año, es decir, cada 5 semanas. Principalmente, las acciones que se agregan son:

- Cambiar filtro de aire
- Rotar neumáticos
- Medir la profundidad de la banda de rodadura a los neumáticos

En la “Figura 3-7” se presenta el documento “PM-1”.

	PAUTA DE MANTENIMIENTO SCANIA F310 PM-1			
Patente:	Hora de inicio:	Fecha:		
Nivel de combustible:	Hora de finalización:	Observaciones:		
	Kilometraje:			
	Area de trabajo:			
OK: BUEN ESTADO NC: NECESITA CORRECCION NA: NO APLICA				
DESCRIPCIÓN		OK	NC	NA
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE POSICIÓN ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES BAJAS ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES ALTAS ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES INTERMITENTES ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LOS NEBLINEROS ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE FRENO ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE RETROCESO ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LOS FOCOS FAENEROS ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LA ALARMA DE RETROCESO SUENE AL PONER REVERSA				
COMPROBAR QUE LA CÁMARA DE RETROCESO PRENDA AL PONER REVERSA				
COMPROBAR QUE LA PÉRTIGA ENCIENDA				
COMPROBAR QUE LA BALIZA ENCIENDA				
COMPROBAR QUE LA BOCINA SUENE				
REVISAR QUE EL NIVEL DEL LÍQUIDO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO				
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA NO TENGA FUGAS				
REVISAR QUE EL NIVEL DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO				
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE REFRIGERANTE MOTOR NO TENGA FUGAS				
REVISAR QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO				
COMPROBAR QUE ENCLAVEN TODOS LOS CINTURONES DE SEGURIDAD Y QUE SU RETRACTIL SE MUEVA CON LIBERTAD SIN TRABARSE				
MEDIR EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS CON EL MOTOR DETENIDO Y COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ENTRE 24[V] Y 26[V]				
MEDIR EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS CON EL MOTOR ENCENDIDO Y COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ENTRE 27[V] Y 30[V]				
LEER LA PRESIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO EN EL TABLERO CON MOTOR ENCENDIDO Y COMPROBAR QUE TRABAJE ENTRE 8,5[BAR] Y 12,5[BAR]				
COMPROBAR QUE LA TEMPERATURA DEL MOTOR EN FUNCIONAMIENTO SE ENCUENTRE ENTRE 85°C Y 95°C				
CAMBIAR FILTRO DE AIRE				
ROTAR NEUMÁTICOS				
COMPROBAR QUE LA PRESIÓN DE LOS NEUMÁTICOS ESTÉ ENTRE 7,5-8,5[BAR]				
MEDIR PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA A LOS NEUMÁTICOS EN 3 PUNTOS, DEBE SER SUPERIOR A 4 [mm]				
Delantero Izquierdo:		Delantero Derecho:		
Trasero Izquierdo Exterior:		Trasero Derecho Exterior:		
Trasero Izquierdo Interior:		Trasero Derecho Interior:		
Rueda de repuesto:				
OBSERVACIONES				
NOMBRES Y FIRMAS DE LOS EJECUTANTES				
NOMBRE Y FIRMA JEFE DE TALLER		VºBº NOMBRE Y FIRMA SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO		

FIGURA 3-7 “Pauta PM-1”

(Fuente: Elaboración propia)

En la pauta “PM-2” se incluyen las acciones del documento “PM-1” y además se agregan aquellas acciones que deben efectuarse cada 10 semanas, como, por ejemplo: Inspeccionar terminales de batería, inspeccionar correas, inspeccionar mangueras, cambiar aceite de motor, entre otras. Estas pueden observarse en la “Figura 3-8” y “Figura 3-9”.

	PAUTA DE MANTENIMIENTO SCANIA F310 PM-2		
Hoja 1			
Patente:	Hora de inicio:	Fecha:	
Nivel de combustible:	Hora de finalización:	Observaciones:	
Area de trabajo:	Kilometraje:		
OK: BUEN ESTADO NC: NECESITA CORRECCION NA: NO APLICA			
DESCRIPCIÓN	OK	NC	NA
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE POSICIÓN ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES BAJAS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES ALTAS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES INTERMITENTES ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LOS NEBLINEROS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE FRENO ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE RETROCESO ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LOS FOCOS FAENEROS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LA ALARMA DE RETROCESO SUENE AL PONER REVERSA			
COMPROBAR QUE LA CÁMARA DE RETROCESO PRENDA AL PONER REVERSA			
COMPROBAR QUE LA PÉRTIGA ENCIENDA			
COMPROBAR QUE LA BALIZA ENCIENDA			
COMPROBAR QUE LA BOCINA SUENE			
REVISAR QUE EL NIVEL DEL LÍQUIDO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA NO TENGA FUGAS			
REVISAR QUE EL NIVEL DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE REFRIGERANTE MOTOR NO TENGA FUGAS			
REVISAR QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
COMPROBAR QUE ENCLAVEN TODOS LOS CINTURONES DE SEGURIDAD Y QUE SU RETRACTIL SE MUEVA CON LIBERTAD SIN TRABARSE			
MEDIR EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS CON EL MOTOR DETENIDO Y COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ENTRE 24[V] Y 26[V]			
MEDIR EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS CON EL MOTOR ENCENDIDO Y COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ENTRE 27[V] Y 30[V]			
LEER LA PRESIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO EN EL TABLERO CON EL MOTOR ENCENDIDO Y COMPROBAR QUE TRABAJE ENTRE 8,5[BAR] Y 12,5[BAR]			
COMPROBAR QUE LA TEMPERATURA DEL MOTOR EN FUNCIONAMIENTO SE ENCUENTRE ENTRE 85°C Y 95°C			
CAMBIAR FILTRO DE AIRE			
INSPECCIONAR TERMINALES DE BATERÍA: QUE ESTÉN APRETADOS, NO SE ENCUENTREN QUEBRADOS Y TAMPOCO SULFATADOS			
INSPECCIONAR CORREA DEL ALTERNADOR: QUE SE ENCUENTRE TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS			
INSPECCIONAR:CORREA DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA: QUE SE ENCUENTRE TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS			
INSPECCIONAR CORREA DE LA BOMBA DE AGUA: QUE SE ENCUENTRE TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS			
INSPECCIONAR CORREA DEL AIRE ACONDICIONADO: QUE SE ENCUENTRE TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS			
INSPECCIONAR FLEXIBLES DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA: QUE SE ENCUENTREN APRETADOS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE REFRIGERANTE: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR RADIADOR: QUE NO TENGA GOLPES NI FUGAS, SUS ALETAS NO ESTÉN DOBLADAS Y TAMPOCO OBSTRUÍDAS			
INSPECCIONAR RADIADOR: MEDIR CON PIRÓMETRO QUE LA TEMPERATURA EN LA ENTRADA NO SUPERE LOS 95°C Y EN LA SALIDA NO SEA MENOR QUE 85°C			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE CALEFACCIÓN: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE ADBLUE: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
MEDIR GROSOR DEL DISCO DE EMBRAGUE POR LA VENTANILLA Y ANOTAR			
COMPROBAR QUE ENTREN LAS MARCHAS Y EL VEHÍCULO SE DESPLAZA			
INSPECCIONAR CRUCETAS: HACER FUERZA EN DIRECCIONES DE GIRO, EN DIRECCIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL. QUE NO EXISTAN HOLGURAS NI GOLPES			
ENGRASAR CRUCETAS			
INSPECCIONAR CARTER DE MOTOR: QUE NO PRESENTE GOLPES NI FUGAS			
CAMBIAR ACEITE DE MOTOR 10W40 ACEA-E6 (36 LITROS)			

FIGURA 3-8 “Pauta PM-2 Hoja 1”
(Fuente: Elaboración propia)

	PAUTA DE MANTENIMIENTO SCANIA F310 PM-2		
Hoja 2			
DESCRIPCIÓN	OK	NC	NA
CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE MOTOR			
CAMBIAR FILTROS DE COMBUSTIBLE			
INSPECCIONAR ESTANQUE DE COMBUSTIBLE: SIN GOLPES NI FUGAS			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE COMBUSTIBLE: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR MANGUERAS DEL TURBOCOMPRESOR: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR CAÑERÍAS DEL AIRE ACONDICIONADO: QUE SE ENCUENTREN APRETADAS, NO TENGAN GOLPES, NI FUGAS			
REVISAR QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL COMPRESOR DEL AIRE ACONDICIONADO SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
MEDIR PRESIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO: LINEA "LP" ENTRE 20-40[PSI] Y LINEA "HP" ENTRE 150-300[PSI] CON SISTEMA ENCENDIDO			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE RETARDADOR: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR AMORTIGUADORES: QUE NO PRESENTEN FUGAS Y SUS PERNOS SE ENCUENTREN APRETADOS			
INSPECCIONAR BALLESTAS: QUE NO PRESENTEN GRIETAS NI FRACTURAS SUS PERNOS ESTÉN APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES			
INSPECCIONAR BARRA ESTABILIZADORA: QUE NO PRESENTE GRIETAS NI FRACTURAS, PERNOS APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES			
INSPECCIONAR BARRAS DE DIRECCIÓN: QUE NO PRESENTEN GRIETAS NI FRACTURAS, PERNOS APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES			
INSPECCIONAR RÓTULAS Y TERMINALES DE DIRECCIÓN: HACER PALANCA Y COMPROBAR QUE NO EXISTA JUEGO AXIAL			
ENGRASAR RÓTULAS Y TERMINALES DE DIRECCIÓN			
INSPECCIONAR RODAMIENTOS DE RUEDA: QUE NO EXISTAN RUIDOS AL GIRAR NI JUEGO AXIAL AL EMPUJAR LA RUEDA DESDE ZONAS SUPERIOR E INFERIOR			
INSPECCIONAR CONECTORES DE SENSORES Y ACTUADORES: QUE NO ESTÉN SUELTOS NI QUEBRADOS. SUS CABLES NO ESTÉN PELADOS NI CORTADOS			
MEDIR PRESIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE CON SDP3: COMPARAR EL VALOR MEDIDO CON EL VALOR DESEADO SEGÚN EL SOFTWARE			
MEDIR PARÁMETROS DEL RETARDADOR CON SDP3: COMPARAR EL VALOR MEDIDO CON EL VALOR DESEADO SEGÚN EL SOFTWARE			
MONITOREAR PARÁMETROS EN VIVO DE SENSORES CON SDP3: VERIFICAR QUE VALORES SE ENCUENTREN DENTRO DEL RANGO SEGÚN EL SOFTWARE			
ACTIVAR ACTUADORES CON SDP3 Y SEGUIR SUS INDICACIONES			
COMPROBAR SI HAY CÓDIGOS DE FALLA ACTIVOS CON SDP3 (ANOTAR)			
COMPROBAR SI HAY CÓDIGOS DE FALLA INACTIVOS CON SDP3 (ANOTAR)			
INSPECCIONAR BALATAS DE FRENO: QUE NO ESTÉN AGRIETADAS FRACTURADAS O DESPRENDIDAS. SUS REMACHES NO SOBRESALEN			
INSPECCIONAR TAMBORES DE FRENO: QUE NO ESTÉN AGRIETADOS FRACTURADOS, RAYADOS O CRISTALIZADOS			
LIMPIAR BALATAS Y TAMBORES DE FRENO			
REGULAR FRENOS			
ROTAR NEUMÁTICOS			
COMPROBAR QUE LA PRESIÓN DE LOS NEUMÁTICOS ESTÉ ENTRE 7,5-8,5[BAR]			
MEDIR PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA A LOS NEUMÁTICOS EN 3 PUNTOS, DEBE SER SUPERIOR A 4 [mm]			
Delantero Izquierdo:	Delantero Derecho:		
Trasero Izquierdo Exterior:	Trasero Derecho Exterior:		
Trasero Izquierdo Interior:	Trasero Derecho Interior:		
Rueda de repuesto:			
MEDIR GROSOR DE LAS BALATAS DE FRENOS Y RECORRIDO DEL ACTUADOR			
DELANTERO IZQUIERDO		DELANTERO DERECHO	
Grosor Balata:	Recorrido actuador:	Grosor Balata:	Recorrido actuador:
TRASERO IZQUIERDO		TRASERO DERECHO	
Grosor Balata:	Recorrido actuador:	Grosor Balata:	Recorrido actuador:
OBSERVACIONES:			
NOMBRES Y FIRMAS DE LOS EJECUTANTES:			
NOMBRE Y FIRMA JEFE DE TALLER		VºBº NOMBRE Y FIRMA SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

FIGURA 3-9 “Pauta PM-2 Hoja 2”

(Fuente: Elaboración propia)

En la pauta “PM-3” se incluyen las acciones del documento “PM-2” y además se agregan aquellas acciones que deben efectuarse cada 20 semanas, como, por ejemplo: Cambiar filtro de adblue, cambiar aceite de la caja de cambios o cambiar aceite del retardador, entre otras. Estas pueden observarse en la “Figura 3-10”, “Figura 3-11” y “Figura 3-12”.

	PAUTA DE MANTENIMIENTO SCANIA F310 PM-3			
Hoja 1				
Patente:	Hora de inicio:	Fecha:		
Nivel de combustible:	Hora de finalización:	Observaciones:		
Area de trabajo:	Kilometraje:			
OK: BUEN ESTADO NC: NECESITA CORRECCION NA: NO APLICA				
DESCRIPCIÓN		OK	NC	NA
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE POSICIÓN ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES BAJAS ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES ALTAS ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES INTERMITENTES ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LOS NEBLINEROS ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE FRENO ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE RETROCESO ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LOS FOCOS FAENEROS ENCIENDAN				
COMPROBAR QUE LA ALARMA DE RETROCESO SUENE AL PONER REVERSA				
COMPROBAR QUE LA CÁMARA DE RETROCESO PRENDA AL PONER REVERSA				
COMPROBAR QUE LA PÉRTIGA ENCIENDA				
COMPROBAR QUE LA BALIZA ENCIENDA				
COMPROBAR QUE LA BOCINA SUENE				
REVISAR QUE EL NIVEL DEL LÍQUIDO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA SE				
ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO				
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA NO TENGA FUGAS				
REVISAR QUE EL NIVEL DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR SE ENCUENTRE				
ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO				
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE REFRIGERANTE MOTOR NO TENGA FUGAS				
REVISAR QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR SE ENCUENTRE ENTRE				
LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO				
COMPROBAR QUE ENCLAVEN TODOS LOS CINTURONES DE SEGURIDAD				
Y QUE SU RETRACTIL SE MUEVA CON LIBERTAD SIN TRABARSE				
MEDIR EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS CON EL MOTOR DETENIDO Y				
COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ENTRE 24[V] Y 26[V]				
MEDIR EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS CON EL MOTOR ENCENDIDO Y				
COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ENTRE 27[V] Y 30[V]				
LEER LA PRESIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO EN EL TABLERO CON EL MOTOR				
ENCENDIDO Y COMPROBAR QUE TRABAJE ENTRE 8,5[BAR] Y 12,5[BAR]				
COMPROBAR QUE LA TEMPERATURA DEL MOTOR EN FUNCIONAMIENTO				
SE ENCUENTRE ENTRE 85°C Y 95°C				
CAMBIAR FILTRO DE AIRE				
INSPECCIONAR TERMINALES DE BATERÍA: QUE ESTÉN APRETADOS,				
NO SE ENCUENTREN QUEBRADOS Y TAMPOCO SULFATADOS				
INSPECCIONAR CORREA DEL ALTERNADOR: QUE SE ENCUENTRE TENSADA,				
NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS				
INSPECCIONAR:CORREA DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA: QUE SE				
ENCUENTRE TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS				
INSPECCIONAR CORREA DE LA BOMBA DE AGUA: QUE SE ENCUENTRE				
TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS				
INSPECCIONAR CORREA DEL AIRE ACONDICIONADO: QUE SE				
ENCUENTRE TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS				
INSPECCIONAR FLEXIBLES DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA: QUE SE				
ENCUENTREN APRETADOS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS				
INSPECCIONAR MANGUERAS DE REFRIGERANTE: QUE TENGAN SUS				
ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS				
INSPECCIONAR RADIADOR: QUE NO TENGA GOLPES NI FUGAS, SUS ALETAS				
NO ESTÉN DOBLADAS Y TAMPOCO OBSTRUÍDAS				
INSPECCIONAR RADIADOR: MEDIR CON PIRÓMETRO QUE LA TEMPERATURA EN				
LA ENTRADA NO SUPERE LOS 95°C Y EN LA SALIDA NO SEA MENOR QUE 85°C				
INSPECCIONAR MANGUERAS DE CALEFACCIÓN: QUE TENGAN SUS				
ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS				
INSPECCIONAR MANGUERAS DE ADBLUE: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS				
APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS				
CAMBIAR FILTRO DE ADBLUE				
CAMBIAR PRE FILTRO DE ADBLUE				
MEDIR GROSOR DEL DISCO DE EMBRAGUE POR LA VENTANILLA Y ANOTAR				
COMPROBAR QUE ENTREN LAS MARCHAS Y EL VEHÍCULO SE DESPLAZA				
INSPECCIONAR CRUCETAS: HACER FUERZA EN DIRECCIONES DE GIRO, EN				
DIRECCIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL. QUE NO EXISTAN HOLGURAS NI GOLPES				
ENGRASAR CRUCETAS				
CAMBIAR ACEITE CAJA DE CAMBIOS (75W90 LLENAR HASTA EL TAPÓN)				

FIGURA 3-10 “Pauta PM-3 Hoja 1”
(Fuente: Elaboración propia)

		PAUTA DE MANTENIMIENTO SCANIA F310 PM-3			
Hoja 2					
DESCRIPCIÓN		OK	NC	NA	
CAMBIAR ACEITE DE DIFERENCIAL (75W90 LLENAR HASTA EL TAPÓN)					
INSPECCIONAR CARTER DE MOTOR: QUE NO PRESENTE GOLPES NI FUGAS					
CAMBIAR ACEITE DE MOTOR 10W40 ACEA-E6 (36 LITROS)					
CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE MOTOR					
CAMBIAR FILTROS DE COMBUSTIBLE					
INSPECCIONAR ESTANQUE DE COMBUSTIBLE: SIN GOLPES NI FUGAS					
INSPECCIONAR MANGUERAS DE COMBUSTIBLE: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS					
INSPECCIONAR MANGUERAS DEL TURBOCOMPRESOR: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS					
INSPECCIONAR CAÑERÍAS DEL AIRE ACONDICIONADO: QUE SE ENCUENTREN APRETADAS, NO TENGAN GOLPES, NI FUGAS					
REVISAR QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL COMPRESOR DEL AIRE ACONDICIONADO SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO					
MEDIR PRESIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO: LINEA "LP" ENTRE 20-40[PSI] Y LINEA "HP" ENTRE 150-300[PSI] CON SISTEMA ENCENDIDO					
INSPECCIONAR MANGUERAS DE RETARDADOR: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS					
CAMBIAR ACEITE DE RETARDADOR (ATF DEXRON LLENAR HASTA EL TAPÓN)					
CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DEL RETARDADOR					
INSPECCIONAR AMORTIGUADORES: QUE NO PRESENTEN FUGAS Y SUS PERNOS SE ENCUENTREN APRETADOS					
INSPECCIONAR BALLESTAS: QUE NO PRESENTEN GRIETAS NI FRACTURAS					
SUS PERNOS ESTÉN APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES					
INSPECCIONAR BARRA ESTABILIZADORA: QUE NO PRESENTE GRIETAS NI FRACTURAS, PERNOS APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES					
INSPECCIONAR BARRAS DE DIRECCIÓN: QUE NO PRESENTEN GRIETAS NI FRACTURAS, PERNOS APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES					
INSPECCIONAR RÓTULAS Y TERMINALES DE DIRECCIÓN: HACER PALANCA Y COMPROBAR QUE NO EXISTA JUEGO AXIAL					
ENGRASAR RÓTULAS Y TERMINALES DE DIRECCIÓN					
INSPECCIONAR RODAMIENTOS DE RUEDA: QUE NO EXISTAN RUIDOS AL GIRAR NI JUEGO AXIAL AL EMPUJAR LA RUEDA DESDE ZONAS SUPERIOR E INFERIOR					
INSPECCIONAR CONECTORES DE SENSORES Y ACTUADORES: QUE NO ESTÉN SUELTOS NI QUEBRADOS. SUS CABLES NO ESTÉN PELADOS NI CORTADOS					
CAMBIAR FILTRO DE AIRE DEL HABITÁCULO					
EFECTUAR PRUEBA DE DOSIFICACIÓN DE ADBLUE CON SDP3: COMPARAR RESULTADOS CON EL VALOR DESEADO SEGÚN EL SOFTWARE					
MEDIR PRESIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE CON SDP3: COMPARAR EL VALOR MEDIDO CON EL VALOR DESEADO SEGÚN EL SOFTWARE					
MEDIR PARÁMETROS DEL RETARDADOR CON SDP3: COMPARAR EL VALOR MEDIDO CON EL VALOR DESEADO SEGÚN EL SOFTWARE					
MONITOREAR PARÁMETROS EN VIVO DE SENSORES CON SDP3: VERIFICAR QUE VALORES SE ENCUENTREN DENTRO DEL RANGO SEGÚN EL SOFTWARE					
ACTIVAR ACTUADORES CON SDP3 Y SEGUIR SUS INDICACIONES					
COMPROBAR SI HAY CÓDIGOS DE FALLA ACTIVOS CON SDP3 (ANOTAR)					
COMPROBAR SI HAY CÓDIGOS DE FALLA INACTIVOS CON SDP3 (ANOTAR)					
INSPECCIONAR BALATAS DE FRENO: QUE NO ESTÉN AGRIETADAS FRACTURADAS O DESPRENDIDAS. SUS REMACHES NO SOBRESALEN					
INSPECCIONAR TAMBORES DE FRENO: QUE NO ESTÉN AGRIETADOS FRACTURADOS, RAYADOS O CRISTALIZADOS					
LIMPIAR BALATAS Y TAMBORES DE FRENO					
REGULAR FRENOS					
ROTAR NEUMÁTICOS					
COMPROBAR QUE LA PRESIÓN DE LOS NEUMÁTICOS ESTÉ ENTRE 7,5-8,5[BAR]					
MEDIR PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA A LOS NEUMÁTICOS EN 3 PUNTOS, DEBE SER SUPERIOR A 4 [mm]					
Delantero Izquierdo:		Delantero Derecho:			
Trasero Izquierdo Exterior:		Trasero Derecho Exterior:			
Trasero Izquierdo Interior:		Trasero Derecho Interior:			
Rueda de repuesto:					
MEDIR GROSOR DE LAS BALATAS DE FRENOS Y RECORRIDO DEL ACTUADOR					
DELANTERO IZQUIERDO		DELANTERO DERECHO			
Grosor Balata:	Recorrido actuador:	Grosor Balata:	Recorrido actuador:		
TRASERO IZQUIERDO		TRASERO DERECHO			
Grosor Balata:	Recorrido actuador:	Grosor Balata:	Recorrido actuador:		

FIGURA 3-11 “Pauta PM-3 Hoja 2”

(Fuente: Elaboración propia)

	PAUTA DE MANTENIMIENTO SCANIA F310 PM-4		
Hoja 1			
Patente:	Hora de inicio:	Fecha:	
Nivel de combustible:	Hora de finalización:	Observaciones:	
Area de trabajo:	Kilometraje:		
OK: BUEN ESTADO		NC: NECESITA CORRECCION	
		NA: NO APLICA	
DESCRIPCIÓN	OK	NC	NA
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE POSICIÓN ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES BAJAS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES ALTAS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES INTERMITENTES ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LOS NEBLINEROS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE FRENO ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LAS LUCES DE RETROCESO ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LOS FOCOS FAENEROS ENCIENDAN			
COMPROBAR QUE LA ALARMA DE RETROCESO SUENE AL PONER REVERSA			
COMPROBAR QUE LA CÁMARA DE RETROCESO PRENDA AL PONER REVERSA			
COMPROBAR QUE LA PÉRTIGA ENCIENDA			
COMPROBAR QUE LA BALIZA ENCIENDA			
COMPROBAR QUE LA BOCINA SUENE			
REVISAR QUE EL NIVEL DEL LÍQUIDO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA SE			
ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA NO TENGA FUGAS			
MEDIR PRESIÓN AL SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA 90 A 185[BAR]			
REVISAR QUE EL NIVEL DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR SE ENCUENTRE			
ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
INSPECCIONAR QUE DEPÓSITO DE REFRIGERANTE MOTOR NO TENGA FUGAS			
REVISAR QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR SE ENCUENTRE ENTRE			
LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
COMPROBAR QUE ENCLAVEN TODOS LOS CINTURONES DE SEGURIDAD			
Y QUE SU RETRACTIL SE MUEVA CON LIBERTAD SIN TRABARSE			
MEDIR EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS CON EL MOTOR DETENIDO Y			
COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ENTRE 24[V] Y 26[V]			
MEDIR EL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS CON EL MOTOR ENCENDIDO Y			
COMPROBAR QUE SE ENCUENTRE ENTRE 27[V] Y 30[V]			
CAMBIAR FILTRO SECADOR			
LEER LA PRESIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO EN EL TABLERO CON EL MOTOR			
ENCENDIDO Y COMPROBAR QUE TRABAJE ENTRE 8,5[BAR] Y 12,5[BAR]			
COMPROBAR QUE LA TEMPERATURA DEL MOTOR EN FUNCIONAMIENTO			
SE ENCUENTRE ENTRE 85°C Y 95°C			
CAMBIAR FILTRO DE AIRE			
INSPECCIONAR TERMINALES DE BATERÍA: QUE ESTÉN APRETADOS,			
NO SE ENCUENTREN QUEBRADOS Y TAMPOCO SULFATADOS			
INSPECCIONAR CORREA DEL ALTERNADOR: QUE SE ENCUENTRE TENSADA,			
NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS			
INSPECCIONAR:CORREA DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA: QUE SE			
ENCUENTRE TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS			
INSPECCIONAR CORREA DE LA BOMBA DE AGUA: QUE SE ENCUENTRE			
TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS			
INSPECCIONAR CORREA DEL AIRE ACONDICIONADO: QUE SE			
ENCUENTRE TENSADA, NO PRESENTE GRIETAS Y TAMPOCO PICADURAS			
INSPECCIONAR FLEXIBLES DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA: QUE SE			
ENCUENTREN APRETADOS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE REFRIGERANTE: QUE TENGAN SUS			
ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR RADIADOR: QUE NO TENGA GOLPES NI FUGAS, SUS ALETAS			
NO ESTÉN DOBLADAS Y TAMPOCO OBSTRUÍDAS			
INSPECCIONAR RADIADOR: MEDIR CON PIRÓMETRO QUE LA TEMPERATURA EN			
LA ENTRADA NO SUPERE LOS 95°C Y EN LA SALIDA NO SEA MENOR QUE 85°C			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE CALEFACCIÓN: QUE TENGAN SUS			
ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE ADBLUE: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS			
APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
LAVAR INTERNAMENTE LAS MANGUERAS DE ADBLUE CON AGUA CALIENTE			
LAVAR INYECTOR DE ADBLUE CON AGUA CALIENTE			
MEDIR GROSOR DEL DISCO DE EMBRAGUE POR LA VENTANILLA Y ANOTAR			
COMPROBAR QUE ENTREN LAS MARCHAS Y EL VEHÍCULO SE DESPLAZA			
INSPECCIONAR CRUCETAS: HACER FUERZA EN DIRECCIONES DE GIRO, EN			
DIRECCIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL. QUE NO EXISTAN HOLGURAS NI GOLPES			

FIGURA 3-13 “Pauta PM-4 Hoja 1”
(Fuente: Elaboración propia)

	PAUTA DE MANTENIMIENTO SCANIA F310 PM-4		
Hoja 2			
DESCRIPCIÓN	OK	NC	NA
ENGRASAR CRUCETAS			
INSPECCIONAR CARTER DE MOTOR: QUE NO PRESENTE GOLPES NI FUGAS			
CAMBIAR ACEITE DE MOTOR 10W40 ACEA-E6 (36 LITROS)			
CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE MOTOR			
CAMBIAR FILTROS DE COMBUSTIBLE			
INSPECCIONAR ESTANQUE DE COMBUSTIBLE: SIN GOLPES NI FUGAS			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE COMBUSTIBLE: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR MANGUERAS DEL TURBOCOMPRESOR: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR CAÑERÍAS DEL AIRE ACONDICIONADO: QUE SE ENCUENTREN APRETADAS, NO TENGAN GOLPES, NI FUGAS			
REVISAR QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL COMPRESOR DEL AIRE ACONDICIONADO SE ENCUENTRE ENTRE LAS MARCAS DE MÍNIMO Y MÁXIMO			
MEDIR PRESIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO: LINEA "LP" ENTRE 20-40[PSIJ] Y LINEA "HP" ENTRE 150-300[PSIJ] CON SISTEMA ENCENDIDO			
INSPECCIONAR MANGUERAS DE RETARDADOR: QUE TENGAN SUS ABRAZADERAS APRETADAS, NO PRESENTEN GRIETAS Y TAMPOCO FUGAS			
INSPECCIONAR AMORTIGUADORES: QUE NO PRESENTEN FUGAS Y SUS PERNOS SE ENCUENTREN APRETADOS			
INSPECCIONAR BALLESTAS: QUE NO PRESENTEN GRIETAS NI FRACTURAS SUS PERNOS ESTÉN APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES			
INSPECCIONAR BARRA ESTABILIZADORA: QUE NO PRESENTE GRIETAS NI FRACTURAS, PERNOS APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES			
INSPECCIONAR BARRAS DE DIRECCIÓN: QUE NO PRESENTEN GRIETAS NI FRACTURAS, PERNOS APRETADOS Y NO EXISTA JUEGO EN SUS SOPORTES			
INSPECCIONAR RÓTULAS Y TERMINALES DE DIRECCIÓN: HACER PALANCA Y COMPROBAR QUE NO EXISTA JUEGO AXIAL			
ENGRASAR RÓTULAS Y TERMINALES DE DIRECCIÓN			
INSPECCIONAR RODAMIENTOS DE RUEDA: QUE NO EXISTAN RUIDOS AL GIRAR NI JUEGO AXIAL AL EMPUJAR LA RUEDA DESDE ZONAS SUPERIOR E INFERIOR			
INSPECCIONAR CONECTORES DE SENSORES Y ACTUADORES: QUE NO ESTÉN SUELTOS NI QUEBRADOS. SUS CABLES NO ESTÉN PELADOS NI CORTADOS			
DESARMAR Y REALIZAR MANTENIMIENTO AL MOTOR DE ARRANQUE			
REGULAR VÁLVULAS DEL MOTOR (0,45[mm] ADMISIÓN Y 0,70[mm] ESCAPE)			
MEDIR COMPRESIÓN AL MOTOR. DEBE SER IGUAL EN TODOS LOS CILINDROS			
MEDIR PRESIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE CON SDP3: COMPARAR EL VALOR MEDIDO CON EL VALOR DESEADO SEGÚN EL SOFTWARE			
MEDIR PARÁMETROS DEL RETARDADOR CON SDP3: COMPARAR EL VALOR MEDIDO CON EL VALOR DESEADO SEGÚN EL SOFTWARE			
MONITOREAR PARÁMETROS EN VIVO DE SENSORES CON SDP3: VERIFICAR QUE VALORES SE ENCUENTREN DENTRO DEL RANGO SEGÚN EL SOFTWARE			
ACTIVAR ACTUADORES CON SDP3 Y SEGUIR SUS INDICACIONES			
COMPROBAR SI HAY CÓDIGOS DE FALLA ACTIVOS CON SDP3 (ANOTAR)			
COMPROBAR SI HAY CÓDIGOS DE FALLA INACTIVOS CON SDP3 (ANOTAR)			
INSPECCIONAR BALATAS DE FRENO: QUE NO ESTÉN AGRIETADAS FRACTURADAS O DESPRENDIDAS. SUS REMACHES NO SOBRESALEN			
INSPECCIONAR TAMBORES DE FRENO: QUE NO ESTÉN AGRIETADOS FRACTURADOS, RAYADOS O CRISTALIZADOS			
LIMPIAR BALATAS Y TAMBORES DE FRENO			
REGULAR FRENOS			
ROTAR NEUMÁTICOS			
COMPROBAR QUE LA PRESIÓN DE LOS NEUMÁTICOS ESTÉ ENTRE 7,5-8,5[BAR]			
MEDIR PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA A LOS NEUMÁTICOS EN 3 PUNTOS, DEBE SER SUPERIOR A 4 [mm]			
Delantero Izquierdo:	Delantero Derecho:		
Trasero Izquierdo Exterior:	Trasero Derecho Exterior:		
Trasero Izquierdo Interior:	Trasero Derecho Interior:		
Rueda de repuesto:			
MEDIR GROSOR DE LAS BALATAS DE FRENOS Y RECORRIDO DEL ACTUADOR			
DELANTERO IZQUIERDO		DELANTERO DERECHO	
Grosor Balata:	Recorrido actuador:	Grosor Balata:	Recorrido actuador:
TRASERO IZQUIERDO		TRASERO DERECHO	
Grosor Balata:	Recorrido actuador:	Grosor Balata:	Recorrido actuador:

FIGURA 3-14 “Pauta PM-4 Hoja 2”

(Fuente: Elaboración propia)

TABLA 3-1 “Carta Gantt”

	Semana 5	Semana 10	Semana 15	Semana 20	Semana 25	Semana 30	Semana 35	Semana 40	Semana 45	Semana 50
PM-1	X		X		X		X		X	
PM-2		X				X				
PM-3				X				X		
PM-4										X

(Fuente: Elaboración propia)

Sobre las diferencias que presenta el plan de mantenimiento propuesto respecto al plan de mantenimiento actual, se tiene en primer lugar que el actual está pensado para ser aplicado en base al kilometraje que va recorriendo el bus y los intervalos de aplicación son cada 20.000[km], donde existen tres pautas de mantenimiento llamadas “S”, “M” y “L” las cuales se aplican como indica la “Figura 3-16”.

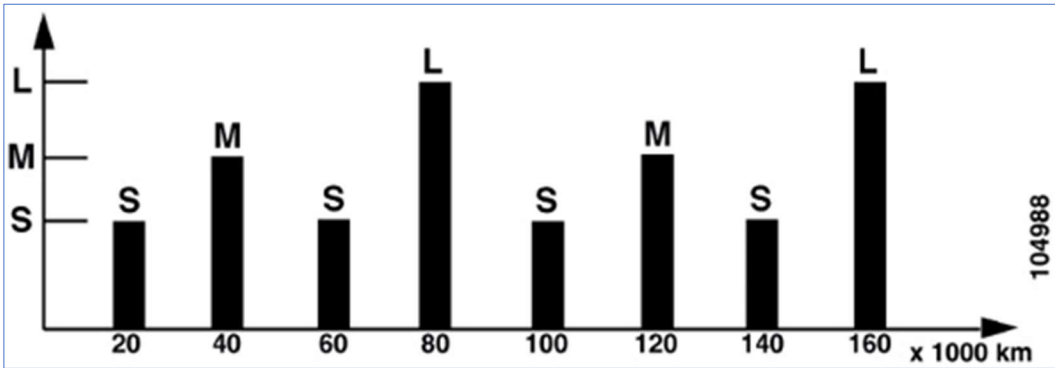


FIGURA 3-16 “Intervalos plan de mantenimiento actual”

(Fuente: Plan de mantenimiento Scania Series F, K y N)

Por otro lado, el plan propuesto cuenta con la pauta de inspección “PM-0” que se aplica a diario y las pautas “PM-1”, “PM-2”, “PM-3” y “PM-4” que se aplican en intervalos de 5 semanas como indica la “Tabla 3-1”. Esto se debe principalmente a que el bus en estudio cumple un contrato por el cual hace el mismo recorrido todos los días del año, lo que permite anticipar el kilometraje que debiese recorrer. Como indica su contexto operacional, el bus recorre un total de 292 [km] diarios, lo que significa que al año tendrá un total de 106.580 [km] y que cada 5 semanas sumará 10.220 [km]. Este método permite que el mantenimiento pueda programarse con anticipación para que jefe de taller y supervisor de mantenimiento sepan en qué fecha corresponde aplicar cada pauta.

Otra diferencia es que la propuesta está elaborada específicamente para el modelo del bus Scania F310. Por otro lado, la pauta actual es genérica para varios modelos del

mismo fabricante, como se observa en la “Figura 3-17”, donde la pauta indica que aplica para las series “F, K y N”. Esto provoca que existan varios ítems que no aplican para el bus en estudio y que se entorpezca la labor de mantenimiento si el técnico que lo está llevando a cabo no conoce exactamente que tipos de componentes tiene el bus. La “Figura 3-17” muestra extractos de una pauta en donde es posible observar que indica comprobar la suspensión neumática y luego la suspensión de ballestas, siendo que el bus solo utiliza el segundo tipo. Después hay 5 ítems que corresponden a 5 cajas de cambio distintas.

Además de lo mencionado anteriormente, la pauta de mantenimiento propuesta prioriza la inspección y el monitoreo de condición siendo más específica con los componentes a comprobar y el estado en que se deben encontrar. En la misma “Figura 3-16”, se observa que la pauta actual indica “Comprobar fugas” en general de distintos fluidos, pero no solicita la revisión específica de los componentes que podrían causar dichas fugas antes de que estas ocurran. Misma situación se presenta cuando indica “Comprobar dirección”, pero no explica cómo hacerlo ni en qué estado se debe encontrar.

**SCANIA**

Informe para mantenimiento L

Informe para mantenimiento L

Concesionario		Nombre del cliente		
Fecha	Distancia conducida	Nº de matrícula	Orden de trabajo	Tipo de motor/vehículo:
Número de serie del cha: Tipo de operación		Finalizado por		Firma del supervisor

Series F, K y N

33	Suspensión neumática delantera: Comprobar las barras estabilizadoras, los soportes y fijación de la barra de reacción incluidos los casquillos y los anillos de fijación de la barra de reacción.	12	
34	Suspensión neumática, atrás:: Comprobar las barras estabilizadoras, los soportes y fijación de la barra de reacción incluidos los casquillos y los anillos de fijación de la barra de reacción.	12	
35	Hojas de ballesta, suspensión de ballestas delantera: Comprobar si hay daños en las hojas de ballesta, en los abarcones y en las bridas en U.	12	
36	Hojas de ballesta, suspensión de ballestas trasera: Comprobar si hay daños en las hojas de ballesta, en los abarcones y en las bridas en U.	12	
52	Caja de cambios automática ZF Ecolife: Comprobar el nivel de aceite.	05	
53	Caja de cambios automática, ZF Ecomat: Cambiar el aceite y el filtro.	05	
54	Caja de cambios automática Voith: Cambiar el aceite y el filtro.	05	
55	Caja de cambio automática, Allison: Cambiar el aceite y el filtro.	05	
60	Caja de cambios manual: Reponer con aceite hasta el borde del orificio de nivel si se ha utilizado el grado de aceite MTF 4250 (75W-90).	05	
122	Fugas: Comprobar si hay fugas de aceite, refrigerante, combustible, aire o gases de escape. Buscar también salpicaduras en el compartimento motor que puedan provocar un incendio.	00	
125	Dirección: Realizar una comprobación del funcionamiento.	13	

FIGURA 3-17 “Extracto pauta de mantenimiento actual”
(Fuente: Plan de mantenimiento Scania Series F, K y N)

3.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Respecto a la evaluación económica de la propuesta de mejora, es necesario comparar los costos que significan cada uno de los escenarios.

En primer lugar, se considera un escenario en donde no se lleva a cabo ninguna acción de mantenimiento al equipo y los modos de falla ocurren a lo menos una vez al año, es decir, cómo mínimo se consideran las fallas ocurridas al bus del caso de estudio y para los modos de falla que no han ocurrido su frecuencia de fallas toma valor “1”. En este primer escenario, no existe un presupuesto anual para el plan de mantenimiento, pero el riesgo cuantitativo total es de:

- \$131.369.295 / al año.

En segundo lugar, se encuentra el escenario actual del equipo, considerando solamente las fallas de las que existe registro en las ordenes de trabajo y los costos de las acciones de mantenimiento que registra la empresa. Para este caso los costos a considerar son los siguientes:

- Riesgo cuantitativo total por fallas ocurridas: \$18.639.697 / al año.
- Presupuesto anual acciones de mantenimiento: \$2.093.103 / al año.

El detalle de los costos de las acciones de mantenimiento registradas por la empresa se observa en la “Tabla 3-2” y el detalle del riesgo cuantitativo por las fallas ocurridas se observa en la “Tabla 3-3”.

TABLA 3-2 “Presupuesto anual acciones de mantenimiento actuales”

Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
Inspección visual de luces	6	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 4.000
Inspección visual a la correa del alternador	6	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 4.000
Medir nivel de aceite dirección	6	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 2.000
Inspección visual a la correa de la dirección hidráulica	6	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 4.000
Comprobación de nivel de refrigerante	6	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 2.000
Inspección visual de la correa de la bomba de agua	6	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 4.000
Cambiar filtro de aceite de motor	6	1	0,3	\$ 3.333	\$ 34.308	\$ 211.848
Cambio aceite de motor	6	1	0,5	\$ 3.333	\$ 236.780	\$ 1.430.680
Cambiar filtro de aire	1	1	0,2	\$ 3.333	\$ 186.705	\$ 187.372
Inspección visual a la correa del aire acondicionado	6	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 4.000
Cambiar aceite de retardador	1	1	0,5	\$ 3.333	\$ 20.390	\$ 22.057
Limpieza e inspección a tambores y balatas	6	2	3	\$ 3.333	\$ -	\$ 120.000
Inspección visual a barras de dirección	6	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 6.000
Inspección visual rótulas de dirección	6	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 6.000
Engrasar rotulas de dirección	6	1	0,3	\$ 3.333	\$ 4.990	\$ 10.990
Busqueda de códigos inactivos con software de diagnóstico	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 8.333
						\$ 2.093.103

(Fuente: Elaboración propia)

TABLA 3-3 “Riesgo cuantitativo situación actual”

Modo de Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año
Fusible quemado	1	0,5	\$ 38.654	\$ 4.057	\$ 23.384
Cable cortado	1	2	\$ 38.654	\$ 6.667	\$ 83.975
Alarma de retroceso quemada	1	1	\$ 38.654	\$ 16.323	\$ 54.978
Manguera de aire cortada	1	2	\$ 38.654	\$ 19.157	\$ 96.465
Manguera de aire suelta	6	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	\$ 125.963
Flexible dirección suelto	2	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	\$ 41.988
Manguera refrigerante suelta	3	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	\$ 62.982
Válvula de la tapa del radiador vencida	1	1	\$ 38.654	\$ 14.023	\$ 52.678
Filtro Adblue obstruido	1	1	\$ 38.654	\$ 83.379	\$ 122.034
Manguera Adblue suelta	1	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	\$ 20.994
Hebilla del cinturón vencida	3	1	\$ 38.654	\$ 43.323	\$ 245.933
Trinquete retractor trabado	4	1	\$ 38.654	\$ 43.323	\$ 327.911
Manguera calefacción suelta	2	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	\$ 41.988
Ventilador quemado	2	6	\$ 38.654	\$ 76.290	\$ 616.432
Neumático pinchado	6	1	\$ 38.654	\$ 3.533	\$ 253.126
Banda de rodadura desgastada	14	1	\$ 38.654	\$ 493.323	\$ 7.447.688
Balatas parcialmente desgastadas	1	8	\$ 38.654	\$ 300.519	\$ 609.753
Frenos desregulados	2	1	\$ 38.654	\$ 3.333	\$ 83.975
Cruceta de cardán desgastada	1	3	\$ 38.654	\$ 169.210	\$ 285.173
Filtro de aire saturado	6	1	\$ 38.654	\$ 190.038	\$ 1.372.156
Correa aire acondicionado cortada	1	1	\$ 38.654	\$ 15.323	\$ 53.978
Baja presión del gas de aire acondicionado	1	1	\$ 38.654	\$ 83.333	\$ 121.988
Aceite de retardador desgastado	1	2	\$ 38.654	\$ 27.057	\$ 104.365
Manguera de refrigerante retardador cortada	1	2	\$ 38.654	\$ 36.538	\$ 113.846
Ballesta fracturada	3	8	\$ 38.654	\$ 506.657	\$ 2.447.674
Barra de dirección deformada	1	7	\$ 38.654	\$ 1.158.523	\$ 1.429.104
Rótula de dirección desgastada	3	7	\$ 38.654	\$ 99.323	\$ 1.109.711
Conector aislado	5	1	\$ 38.654	\$ 3.333	\$ 209.938
Sensor quemado	1	7	\$ 38.654	\$ 349.123	\$ 619.704
Luz quemada	4	0,5	\$ 38.654	\$ 8.667	\$ 111.975
Pértiga quemada	2	0,5	\$ 38.654	\$ 38.657	\$ 115.968
Cámara de retroceso quemada	1	7	\$ 38.654	\$ 83.323	\$ 353.904
					\$ 18.639.697

(Fuente: Elaboración propia)

En tercer lugar, está la nueva situación donde se consideran las acciones de mantenimiento definidas por el análisis. Para este caso los costos del presupuesto total del plan de mantenimiento corresponden al definido en el capítulo 2, que sería un valor de:

- \$7.542.169 / al año.

Por otro lado, si se considera que en esta nueva situación la propuesta de plan de mantenimiento elimina todas las fallas, el riesgo cuantitativo tomaría un valor de \$0. Sin embargo, las inspecciones realizadas, por ejemplo, a las mangueras de refrigerante, no evitarán que estas se deterioren, sino que permiten anticiparse a la falla y cambiar la manguera deteriorada en un tiempo designado para ello sin impactar la producción o el servicio que ofrece el bus. Por esa razón es que para este escenario se toman las mismas fallas de las que existe registro, pero solo se considera el costo de impacto a la producción en los modos de falla donde no hay ninguna tarea programada.

Además, hay algunas fallas que no se consideran porque deberían estar cubiertas por el plan de mantenimiento. Son las siguientes:

- Filtro de Adblue obstruido: El filtro de adblue se cambia cada 20 semanas.
- Frenos desregulados: Los frenos se inspeccionan cada 10 semanas.
- Filtro de aire saturado: El filtro de aire se cambia cada 5 semanas.
- Aceite de retardador desgastado: El aceite del retardador se cambia cada 20 semanas.
- Conector de sensor aislado: Se revisan los conectores cada 10 semanas.
- Banda de rodadura desgastada: Se considera sólo un cambio al año de todos los neumáticos del equipo (6 en total), ya que, la rotación de neumáticos cada 5 semanas permite un desgaste parejo y aumenta su vida útil.

Por lo anterior, el riesgo cuantitativo total de la nueva situación sería de:

- \$8.206.839 / al año.

El detalle se observa en la “Tabla 3-4”.

TABLA 3-4 “Riesgo cuantitativo nuevo plan de mantenimiento"

Modo de Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año
Fusible quemado	1	0,5	\$ 38.654	\$ 4.057	\$ 23.384
Cable cortado	1	2	\$ 38.654	\$ 6.667	\$ 83.975
Alarma de retroceso quemada	1	1		\$ 16.323	\$ 16.323
Manguera de aire cortada	1	2		\$ 19.157	\$ 19.157
Manguera de aire suelta	6	0,5		\$ 1.667	\$ 10.000
Flexible dirección suelto	2	0,5		\$ 1.667	\$ 3.333
Manguera refrigerante suelta	3	0,5		\$ 1.667	\$ 5.000
Válvula de la tapa del radiador vencida	1	1		\$ 14.023	\$ 14.023
Filtro Adblue obstruido		1		\$ 83.379	\$ -
Manguera Adblue suelta	1	0,5		\$ 1.667	\$ 1.667
Hebilla del cinturón vencida	3	1		\$ 43.323	\$ 129.970
Trinquete retractor trabado	4	1		\$ 43.323	\$ 173.293
Manguera calefacción suelta	2	0,5		\$ 1.667	\$ 3.333
Ventilador quemado	2	6	\$ 38.654	\$ 76.290	\$ 616.428
Neumático pinchado	6	1		\$ 3.533	\$ 21.200
Banda de rodadura desgastada	6	1		\$ 493.323	\$ 2.959.940
Balatas parcialmente desgastadas	1	8		\$ 300.519	\$ 300.519
Frenos desregulados		1		\$ 3.333	\$ -
Cruceta de cardán desgastada	1	3		\$ 169.210	\$ 169.210
Filtro de aire saturado		1		\$ 190.038	\$ -
Correa aire acondicionado cortada	1	1		\$ 15.323	\$ 15.323
Baja presión del gas de aire acondicionado	1	1		\$ 83.333	\$ 83.333
Aceite de retardador desgastado		2		\$ 27.057	\$ -
Manguera de refrigerante retardador cortada	1	2		\$ 36.538	\$ 36.538
Ballesta fracturada	3	8		\$ 506.657	\$ 1.519.970
Barra de dirección deformada	1	7		\$ 1.158.523	\$ 1.158.523
Rótula de dirección desgastada	3	7		\$ 99.323	\$ 297.970
Conector aislado		1		\$ 3.333	\$ -
Sensor quemado	1	7		\$ 349.123	\$ 349.123
Luz quemada	4	0,5		\$ 8.667	\$ 34.667
Pértiga quemada	2	0,5		\$ 38.657	\$ 77.313
Cámara de retroceso quemada	1	7		\$ 83.323	\$ 83.323
					\$ 8.206.839

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

El resumen comparativo de las tres situaciones se observa en la “Tabla 3-5”.

TABLA 3-5 “Resumen comparativo"

	SITUACIÓN SIN MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO
COSTO RIESGO CUANTITATIVO	\$131.639.295	\$18.639.697	\$8.206.839
COSTO ACCIONES DE MANTENIMIENTO	\$0	\$2.093.103	\$7.542.169
COSTO TOTAL	\$131.639.295	\$20.732.800	\$15.749.009

(Fuente: Elaboración propia)

Por último, se calcula la disponibilidad que ofrece el plan propuesto para compararla con la calculada en el capítulo 1. En primer lugar, se calculan el TPFS y el TPO considerando solamente las fallas que no tienen ninguna tarea programada y por lo tanto al ocurrir impactarán en la producción, estas serían: “Fusible quemado”, “Cable cortado” y en dos ocasiones “Ventilador quemado”.

El resto no se consideran para dichos cálculos, porque como se dijo anteriormente si bien se proyecta que van a suceder, las nuevas actividades de mantenimiento deberían permitir anticiparse a las fallas y repararlas en momentos designados previamente sin impactar en el tiempo operativo.

Los cálculos de TPO, TPFS y disponibilidad se presentan en (13), (14) y (15).

$$TPFS = \frac{0,5 + 2 + 6 + 6}{4} = 3,63[horas] \text{ (13)}$$

$$TPO = \frac{1}{4[\frac{fallas}{año}]} \times 4380 \left[\frac{horas}{año} \right] = 1095 \left[\frac{horas}{falla} \right] \text{ (14)}$$

$$Disponibilidad = \frac{1095}{3,63 + 1095} \times 100 = 99,67\% \text{ (15)}$$

Finalmente, se obtiene una disponibilidad de un 99,67%, es decir que, con la propuesta de aumentar las acciones de mantenimiento, este indicador aumenta en un 2,43%. Dichos valores podrían eventualmente ser afectados si ocurren nuevas fallas que no aparecían previamente en los registros y que signifiquen un impacto en la producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de lo presentado, es posible concluir en primer lugar que analizando y describiendo el contexto operacional, se abre paso a información que resulta relevante no solo para aplicar posteriormente el análisis en cuestión; como por ejemplo la frecuencia de fallas o el subsistema que presenta mayor cantidad de estas; sino que también existe la posibilidad de diagnosticar el estado actual del equipo calculando indicadores con los cuales comparar los resultados finales.

En segundo lugar, este tipo de equipos cuentan con una amplia variedad de subsistemas. Por esta razón es necesario que antes de proponer mejoras a las prácticas de mantenimiento se reúna información técnica para identificarlos y así recién dar inicio al análisis, pues simplifica el trabajo al momento de definir las funciones.

También, es necesario que el análisis sea apoyado por la experiencia del personal que trabaja en torno al equipo, como operadores o mecánicos. Esto se debe a que al momento de crear el listado de modos de falla se puede obtener una lista extensa donde existan fallas que posiblemente nunca se presentan en el equipo. Ahí es donde es necesario reunirse con el personal para revisar el listado de modos de falla y finalmente filtrar o agregar más.

Además, se necesitan datos manejados por la empresa para calcular, por ejemplo, el impacto en la producción. En este último punto, es necesario que las empresas cuenten con una base de datos sobre los históricos de falla de los equipos, en el caso de estudio los únicos registros que existían eran las ordenes de trabajo con que se enviaba el equipo a taller, las cuales hubo que revisar una a una para extraer información. También se necesita cotizar repuestos para obtener los costos directos de la falla.

Sobre la definición de las actividades de mantenimiento, resulta primordial apoyarse con un diagrama de decisión, pues solo confiar en la experiencia induce a errores y pasar por alto actividades poco importantes desde el punto de vista de la producción, pero relevantes para la seguridad o el medio ambiente. En este punto converge toda la información obtenida anteriormente, pues finalmente son estas actividades las que buscan disminuir la frecuencia de falla.

Respecto a la evaluación técnica, se concluye que la empresa cuenta con la infraestructura, instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo las mejoras propuestas. Se necesita que las actividades sean realizadas rigurosamente y por ello se generaron cinco documentos que facilitan su aplicación. Aquí es importante la gestión de la información recolectada y ya que, no se cuenta con una base de datos, se sugiere generarla para realizar un seguimiento real al equipo y que el monitoreo de condiciones sea efectivo. Además, la evaluación económica ha demostrado que aplicar el plan de mantenimiento propuesto significa un ahorro de \$4.983.791 al año y un aumento de 2,43% en la disponibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOSCH. Denoxtronic, Sistema y Componentes. [en línea]. <<https://tecnomaxequip.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/Denoxtronic.pdf>>. [consulta 25 de febrero de 2024].

2. Climabuss. Manual de Instrucciones, Aire Acondicionado para Omnibus. Brasil.

3. CONASET. Ficha N°5 Cinturón de seguridad. [en línea]. <<https://www.conaset.cl/fichas-para-la-accion/>>. [consulta: 21 de febrero de 2024].

4. HELLA. Información de Producto, Bomba de Dirección Hidráulica. [en línea]. <<https://www.hella.com/partnerworld/es/Servicios-Materiales/Breve-informacion-de-Producto/BREVE-INFORMACION-Bomba-de-direccion-hidraulica-43195/>>. [consulta: 22 de febrero de 2024].

5. INGEQUIPOS AUTOMOTRIZ. Especificaciones de Fábrica para Alineación. [en línea]. Colombia. <<https://es.scribd.com/document/441624820/ESPECIFICACIONES-DE-FABRICA-PARA-ALINEACION-2-2016-docx>> [consulta: 20 de febrero de 2024].

6. ISO. Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. Normas ISO 14224. Reino Unido 2016.

7. MICHELIN. Presiones de Inflado para Neumáticos de Camión. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/gcartagena2008/presiones-de-inflado-de-camin-michelin>>. [consulta: 10 de enero de 2024].

8. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Revisiones Técnicas Tipo A1 (Buses), Manual de Procedimientos e Interpretación de Resultados. 12ª ed. Chile. 2023.
9. MOUBRAY, Jhon, Mantenimiento centrado en la confiabilidad. 2ª ed. Reino Unido: Aladon Ltd, 2004. p. 7. ISBN: 09539603-2-3.
10. SAE Internacional. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Releability Center Maintenance, RCM). Normas SAE JA1011. USA -1999.
11. SAE Internacional. Guía para Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). Normas SAE JA1012. USA 2002.
12. SCANIA. Ralentizador Scania, Descripción del Funcionamiento, Sistema mecánico y Sistema Hidráulico. 2ª ed. Suecia. 1999.
13. SCANIA. Circuito de Alimentación, Descripción del Funcionamiento y del Trabajo. 2ª ed. Suecia. 2001.
14. SCANIA. Manual de Carrocería, Cálculos y Teorías. Suecia. 2004.
15. SCANIA. Motores Scania preparados para 2011: Stage IIIB y Tier 4i. [en línea]. <<https://www.mecanicoautomotriz.org/523-manual-scania-sistema-de-combustible>> [consulta: 20 de febrero del 2024].
16. SCANIA. Información General sobre el Sistema Neumático. 2ª ed. Suecia. 2017.
17. SCANIA. Manual del Operador Motor Industrial DC09 XPI. 11ª ed. Suecia. 2020.

18. SCANIA. F310 Ómnibus Interprovincial [en línea].
<<https://es.scribd.com/document/584121489/F310-4x2-GR875R-Eu5>>
[consulta: 10 de septiembre de 2023].

ANEXOS

(Fuente: Scania Valparaíso)

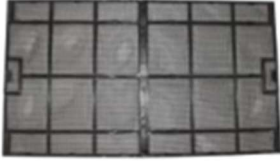
		
CIPEC CÓD. CAREN:11076 SENSOR DE TEMPERATURA RETARDADOR \$ 34.440	Tecfil CÓD. CAREN:107280 FILTRO SEPARADOR DE AGUA CON VASO TECFIL \$ 25.370	Valvoline CÓD. CAREN:300153 VALVOLUBE C.O. 75W90 BL.19 LT \$ 146.870
		
Valvoline CÓD. CAREN:300547 PROFLEET LS SAE 10W40-BALDE 19 LT \$ 118.390	ADQUIM CÓD. CAREN:300024 ADBLUE BY ADQUIM BIDON 20- LT5 \$ 22.890	 AL CÓD. CAREN:110702 AMORTIGUADOR EJE DELANTERO \$ 139.587
		
 SACHS CÓD. CAREN:111464 AMORTIGUADOR TRASERO (OJO OJO) \$ 129.990	VOLMER PARTS CÓD. CAREN:106279 PAQUETE RESORTE TRASERO 4 HOJAS 4 1/2 \$ 479.990	 AL CÓD. CAREN:111824 BUJE BARRA ESTABILIZADORA TRASERA \$ 11.055

ANEXO A: “Cotización Repuestos Caren (1)”

(Fuente: Repuestos Caren)

 CÓD. CAREN:116839 BUJE PAQUETE DE RESORTES \$ 29.468	 CÓD. CAREN:101733 CAJA REGULADORA 24V (F 00M144123 BOSCH) \$ 43.208	 CÓD. CAREN:112644 CORONA Y PINON 31X9 = RAT 3.44/1 \$ 963.990
 FLEETGUARD CÓD. CAREN:115207 FILTRO RETARDADOR ACEITE \$ 33.990	 IBTF CÓD. CAREN:102297 FLEXIBLE CAJA DIRECCION HIDRAULICA \$ 15.167	 Valvoline CÓD. CAREN:300120 VALVOLINE VAL-RED GREASE EP-2 1/2 KG \$ 4.990
 CÓD. CAREN:110678 MANGUERA RADIADOR CARCAZA TERMOSTATO \$ 71.135	 CÓD. CAREN:110688 MANGUERA AGUA TUBO RETARDADOR \$ 29.871	 CÓD. CAREN:300082 REFRIGERANTE ANTICONGELANTE -10BIDON 20L \$ 24.990
 Valeo CÓD. CAREN:110369 ROD TO EMBRAGUE \$ 149.990		

ANEXO A: “Cotización Repuestos Caren (2)”
(Fuente: Repuestos Caren)

		 IMAGEN NO DISPONIBLE
SMART ALARM Alarma retroceso 112 decibeles	SCANIA Barra corta dirección	AGRALE Barra estabilizadora delantera
\$12.990 c/iva	\$1.135.190 c/iva	\$399.990 c/iva
		
MARCOPOLO Bobina valvula calefaccion 24 voltios g7	MAXICLIMA Bomba agua 24 voltios	AGRALE Bomba direccion hidraulica
\$44.990 c/iva	\$13.490 c/iva	\$821.990 c/iva
		
SPHEROS A/c manguera succion compresor bitzer/bock...	AMICINTOS Cinturon seguridad retráctil 3 puntas salon g7	SPHEROS Compresor a/c bock fl-40/655 - sin polea
\$105.690 c/iva \$133.190 c/iva	\$39.990 c/iva	\$3.181.990 c/iva
		
SCANIA Correa ventilador l= 2495mm 10 pk 2495	GOODYEAR A/c correa v doble dentada 2 x 13av-1625 compresor	SCANIA Correa alternador l= 2475 milímetros 10 pk 2475
\$49.490 c/iva	\$11.990 c/iva \$17.190 c/iva	\$58.790 c/iva
		
IMPLEMENTOS Engranaje bomba inyectora	MARCOPOLO Filtro a/c sala techo interno	VALEO Filtro de aire anti-polen paradiso 1800 dd (1600mm...
\$53.490 c/iva \$135.290 c/iva	\$76.990 c/iva	\$7.490 c/iva \$15.790 c/iva

ANEXO A: “Cotización Implementos Epysa (1)”

(Fuente: Implementos Epysa)

		
MARCOPOLO Fusible 15 amperes littlefuse	LOCX Limpiador de contactos electricos	RANDON Flexible freno 0.90 metros x m16
\$2.390 c/iva	\$5.490 c/iva	\$12.490 c/iva
		
MARCOPOLO Manguera calefaccion	AGRALE Tuberia alimentacion bomba alta presion	AUTOMANN Manguera turbo 6 x 4 pulgadas
\$219.990 c/iva	\$67.890 c/iva	\$25.690 c/iva
		
PIRELLI Neumatico 295/80r22.5 direccional pirelli fr88-br	SCANIA Kit rodamiento rueda (rodamiento de maza)	MWM Sensor presion inyector combustible
\$489.990 c/iva	\$339.090 c/iva	\$325.790 c/iva
		
MARCOPOLO Sensor interno temperatura calefaccion	RPC Tapa radiador 10 lbs (psi) 0.7 bar	AUTOMANN Terminal direccion izquierdo
\$29.990 c/iva	\$10.690 c/iva	\$75.990 c/iva

ANEXO A: Cotización Implementos Epysa (2)"
(Fuente: Implementos Epysa)

		
MARCOPOLO Motor calefaccion con aspa 24 voltios imobras	MOTORLIFE Set 2 terminales bateria con proteccion 18mm	MWM Valvula reguladora de presion
\$56.290 c/iva	\$4.990 c/iva	\$254.990 c/iva
		
TRANSACTA A/c valvula expansion / nueva	MARCOPOLO Motor defroster doble turbina con carcaza g7	MOBIL Aceite transmision mobil atf 550 4 litros
\$43.990 c/iva ~~\$56.590 c/iva~~	\$423.990 c/iva	\$20.390 c/iva

ANEXO A: “Cotización Implementos Epysa (3)”
(Fuente: Implementos Epysa)

	PORTA CARBON ARRANQUE,24V, DAF,SCANIA <i>Código: 73-235 Disponibilidad: En Stock</i> \$11.680 <i>(iva incluido)</i>
	SOLENOIDE,24V SCANIA <i>Código: 88-3639 Disponibilidad: En Stock</i> \$48.947 <i>(iva incluido)</i>

ANEXO A: “Cotización Repuestos Quinteros”
(Fuente: Repuestos Quinteros)

	ÚLTIMO Unidad de control del motor 1894897 ECU EMS S8 DC1310 para camión Scania Usado	Cant. 1 FedEx Ground Economy	US \$1700.00 Más US \$69.00
	BOMBA DOSIFICADORA SCANIA ADBLUE GENUINA BOSCH 0444010038 Nuevo	Cant. 1 International Priority Shipping	GBP1630.92 (US \$2067.76) Más GBP403.08 (US \$511.04) Más GBP535.91 en costos de importación (US \$679.45) Se aceptan devoluciones

ANEXO A: “Cotización Ebay”

(Fuente: Ebay)

ANEXO B: FALLAS FUNCIONALES Y MODOS DE FALLA

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema eléctrico	1	Entregar a los componentes eléctricos un voltaje entre 24[V] y 30[V]	1.1	El subsistema no entrega a los componentes eléctricos un voltaje entre 24[V] y 30[V]	1.1.1	Terminales de batería sueltos
					1.1.2	Terminales de batería quebrados
					1.1.3	Baterías totalmente descargadas
					1.1.4	Fusible quemado
					1.1.5	Cable cortado
					1.1.6	Alarma de retroceso quemada
					1.1.7	Luz quemada
					1.1.8	Pértiga quemada
					1.1.9	Cámara de retroceso quemada
			1.2	El subsistema entrega a los componentes eléctricos un voltaje menor a 24[V] o mayor a 30[V]	1.2.1	Correa alternador cortada
					1.2.2	Regulador de voltaje del alternador quemado
					1.2.3	Rectificador del alternador quemado
					1.2.4	Carbones del alternador desgastados
					1.2.5	Alternador quemado

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema neumático	2	Entregar a los componentes neumáticos aire a una presión entre 8,5 y 12,5 [bar]	2.1	El subsistema no entrega a los componentes neumáticos aire a una presión entre 8,5 y 12,5 [bar]	2.1.1	Filtro secador saturado
					2.1.2	Filtro secador roto
					2.1.3	Manguera cortada
					2.1.4	Válvula limitadora de presión pegada
					2.1.5	Engranaje de compresor suelto
					2.1.6	Anillos del compresor desgastados
			2.2	El subsistema entrega a los componentes neumáticos aire a una presión menor a 8,5[bar] o superior a 12,5 [bar]	2.2.1	Filtro secador saturado
					2.2.2	Filtro secador roto
					2.2.3	Manguera suelta
					2.2.4	Válvula limitadora de presión pegada

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema dirección hidráulica	3	Suministrar a la caja de dirección aceite a una presión entre 90 y 185 [bar]	3.1	El subsistema no suministra a la caja de dirección aceite a una presión entre 90 y 185 [bar]	3.1.1	Flexible cortado
					3.1.2	Depósito de aceite roto
					3.1.3	Correa de accionamiento cortada
					3.1.4	Bomba de dirección hidráulica desgastada
			3.2	El subsistema suministra a la caja de dirección aceite a una presión menor a 90[bar] o mayor a 185 [bar]	3.2.1	Flexible suelto
					3.2.2	Flexible obstruido
					3.2.3	Depósito de aceite roto
					3.2.4	Correa de accionamiento suelta
					3.2.5	Bomba de dirección hidráulica desgastada

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema enfriamiento	4	Mantener temperatura del líquido refrigerante del motor entre 90 y 95[°C]	4.1	El subsistema mantiene el líquido refrigerante del motor a una temperatura menor a 90 [°C] o mayor a 95[°C]	4.1.1	Manguera suelta
					4.1.2	Manguera cortada
					4.1.3	Depósito de líquido refrigerante roto
					4.1.4	Válvula de la tapa del radiador vencida
					4.1.5	Radiador roto
					4.1.6	Radiador obstruido
					4.1.7	Correa de accionamiento suelta
					4.1.8	Correa de accionamiento cortada
					4.1.9	Bomba de agua desgastada
					4.1.10	Termostato pegado

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de reducción catalítica	5	Suministrar Adblue en el tubo de escape con un flujo másico de al menos 20 [g/min]	5.1	El subsistema no suministra Adblue en el tubo de escape con un flujo másico de al menos 20[g/min]	5.1.1	Manguera cortada
					5.1.2	Filtro obstruido
					5.1.3	Pre filtro obstruido
					5.1.4	Bomba quemada
			5.2	El subsistema suministra Adblue en el tubo de escape con un flujo másico menor a 20[g/min]	5.2.1	Manguera suelta
					5.2.2	Manguera obstruida
					5.2.3	Filtro obstruido
					5.2.4	Pre filtro obstruido
					5.2.5	Inyector de Adblue obstruido

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de retención	6	Soportar una fuerza de a lo menos 1,5 [ton]	6.1	El subsistema no soporta una fuerza de a lo menos 1,5[ton]	6.1.1	Hebilla del cinturón vencida
					6.1.2	Trinquete retractor trabado

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de calefacción	7	Mantener la temperatura interior entre 22 y 28[°C]	7.1	El subsistema no mantiene la temperatura interior entre 22[°C] y 28[°C]	7.1.1	Manguera suelta
					7.1.2	Manguera cortada
					7.1.3	Llave de paso quemada
					7.1.4	Bomba de agua quemada
					7.1.5	Ventilador quemado
					7.1.6	Sensor de temperatura quemado

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de rodado	8	Mantener dentro del neumático una presión entre 7,5 a 8,5 [bar] con un remanente en la banda de rodadura no menor a 4 [mm]	8.1	El subsistema no mantiene dentro del neumático una presión entre 7,5 a 8,5 [bar] con un remanente en la banda de rodadura no menor a 4[mm]	8.1.1	Válvula pegada
					8.1.2	Neumático pinchado
			8.2	El subsistema mantiene dentro del neumático una presión entre 7,5 a 8,5 [bar] con un remanente en la banda de rodadura menor a 4[mm]	8.2.1	Banda de rodadura desgastada

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de frenos	9	Detener el vehículo con una eficacia de frenado igual o mayor al 50%.	9.1	El subsistema no detiene el vehículo con una eficacia de frenado menor al 50%.	9.1.1	Balatas totalmente desgastadas
					9.1.2	Frenos sobrecalentados
			9.2	El subsistema detiene el vehículo con una eficacia de frenado menor al 50%.	9.2.1	Balatas parcialmente desgastadas
					9.2.2	Tambores de freno desgastados
					9.2.3	Frenos desregulados

ANEXO B: “Fallas funcionales y modos de falla"

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de transmisión	10	Transmitir desde el motor hacia las ruedas una potencia de 310[CV]	10.1	El subsistema no transmite desde el motor hacia las ruedas una potencia de 310[CV]	10.1.1	Disco de embrague totalmente desgastado
					10.1.2	Prensa de embrague rota
					10.1.3	Rodamiento de empuje reventado
					10.1.4	Arbol de transmisión cortado
					10.1.5	Cruceta de cardán rota
					10.1.6	Engranajes del diferencial rotos
					10.1.7	Engranajes de la caja de cambios rotos
			10.2	El subsistema transmite desde el motor hacia las ruedas una potencia menor a 310[CV]	10.2.1	Disco de embrague parcialmente desgastado
					10.2.2	Prensa de embrague vencida
					10.2.3	Cruceta de cardán desgastada
					10.2.4	Engranajes del diferencial desgastados
					10.2.5	Engranajes de la caja de cambios desgastados

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de lubricación	11	Suministrar al motor aceite con una presión entre 0,7 y 6 [bar]	11.1	El subsistema no suministra al motor aceite con una presión entre 0,7 y 6 [bar]	11.1.1	Carter roto
					11.1.2	Colador bomba de aceite obstruido
					11.1.3	Filtro de aceite suelto
					11.1.4	Filtro de aceite obstruido
					11.1.5	Engranaje bomba de aceite roto
			11.2	El subsistema suministra al motor aceite con una presión menor a 0,7 [bar] o mayor a 6 [bar]	11.2.1	Filtro de aceite suelto
					11.2.2	Filtro de aceite obstruido
					11.2.3	Colador bomba de aceite obstruido
					11.2.4	Bomba de aceite desgastada
					11.2.5	Ductos de aceite obstruidos

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de combustible	12	Suministrar combustible desde el depósito hacia el motor a una presión entre 9-12[bar] antes de la bomba elevadora y entre 500-2400[bar] después de la bomba elevadora	12.1	El subsistema no suministra combustible desde el depósito hacia el motor a una presión entre 9-12[bar] antes de la bomba elevadora y entre 500-2400[bar] después de la bomba elevadora	12.1.1	Filtro de combustible roto
					12.1.2	Filtro de combustible obstruido
					12.1.3	Estanque de combustible roto
					12.1.4	Manguera cortada
					12.1.5	Engranaje de la bomba de alimentación roto
					12.1.6	Inyectores pegados
					12.1.7	Bobinas de los inyectores quemadas
			12.2	El subsistema suministra combustible desde el depósito hacia el motor con una presión menor a 9 [bar] o mayor a 12[bar] antes de la bomba elevadora	12.2.1	Filtro de combustible roto
					12.2.2	Filtro de combustible obstruido
					12.2.3	Manguera obstruida
					12.2.4	Válvula reguladora de presión pegada
			12.3	El subsistema suministra combustible desde el depósito hacia el motor con una presión menor a 500[bar] o mayor a 2400[bar] después de la bomba elevadora	12.3.1	Cañerías sueltas
					12.3.2	Electroválvula dosificadora de combustible quemada
					12.3.3	Válvula de rebose pegada
					12.3.4	Válvula de seguridad del acumulador pegada
					12.3.5	Sensor de presión de combustible quemado

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema de motor	13	Suministrar al subsistema de transmisión una potencia de 310[CV] a las 1900[rpm]	13.1	El subsistema no suministrar al subsistema de transmisión una potencia de 310[CV] a las 1900[rpm]	13.1.1	Baterías totalmente descargadas
					13.1.2	Bornes de batería sueltos
					13.1.3	Cables del motor de arranque aislados
					13.1.4	Carbones del motor de arranque aislados
					13.1.5	Carbones del motor de arranque desgastados
					13.1.6	Solenoide del motor de arranque quemado
					13.1.7	Anillos desgastados
					13.1.8	Válvulas desreguladas
					13.1.9	Conjunto móvil trabado
			13.2	El subsistema suministra al subsistema de transmisión una potencia menor a 310[CV] a las 1900[rpm]	13.2.1	Filtro de aire saturado
					13.2.2	Anillos desgastados
					13.2.3	Válvulas desreguladas
					13.2.4	Manguera sobrealimentador suelta
					13.2.5	Manguera sobrealimentador cortada
					13.2.6	Sobrealimentador reventado

ANEXO B: “Fallas funcionales y modos de falla”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema aire acondicionado	14	Mantener la temperatura interior entre 16 y 21[°C]	14.1	El subsistema no mantiene la temperatura interior entre 16[°C] y 21[°C]	14.1.1	Cañería suelta
					14.1.2	Cañería cortada
					14.1.3	Correa suelta
					14.1.4	Correa cortada
					14.1.5	Ventilador quemado
					14.1.6	Sensor de temperatura quemado
					14.1.7	Válvula de expansión obstruída
					14.1.8	Filtro de aire a/c obstruido
					14.1.9	Baja presión del gas

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema suspensión	16	Absorber las irregularidades del camino con oscilaciones de baja amplitud y frecuencia menor a 1[Hz] o mayor a 25[Hz]	16.1	El subsistema absorbe las irregularidades del camino con oscilaciones de gran amplitud y frecuencia entre 1[Hz] y 25[Hz]	16.1.1	Amortiguadores reventados
					16.1.2	Perno de amortiguador cortado
					16.1.3	Ruedas desbalanceadas
					16.1.4	Tambores de freno ovalados
					16.1.5	Ballesta fracturada
					16.1.6	Bujes de ballesta desgastados
					16.1.7	Bujes de barra estabilizadora desgastados

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema freno auxiliar	15	Disminuir la velocidad del vehículo con una potencia de 500[kW]	15.1	El subsistema no disminuye la velocidad del vehículo con una potencia de 500[kW]	15.1.1	Aceite de retardador desgastado
					15.1.2	Filtro de aceite retardador obstruído
					15.1.3	Manguera de refrigerante retardador cortada
					15.1.4	Sensor de temperatura retardador quemado

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema dirección	17	Mantener la alineación de las ruedas con camber de 0.60°+/-0.25, caster de 2.50°+/-0.35 y convergencia de 0.20°+/-0.15	17.1	El subsistema no mantiene la alineación de las ruedas con camber de 0.60°+/-0.25, caster de 2.50°+/-0.35 y convergencia de 0.20°+/-0.15	17.1.1	Bujes de barra estabilizadora desgastados
					17.1.2	Barra de dirección deformada
					17.1.3	Rótula de dirección cortada
					17.1.4	Rótula de dirección desgastada
					17.1.5	Amortiguadores reventados
					17.1.6	Ballesta fracturada
					17.1.7	Neumático desinflado
					17.1.8	Pistas del rodamiento de rueda desgastadas

Sistema/Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla
Sistema auto bus Scania F310 / subsistema control electrónico	18	Controlar los componentes electrónicos recibiendo señales de los sensores de 0,1[V] a 5[V]	18.1	El subsistema no controla los componentes electrónicos recibiendo señales de los sensores de 0,1[V] a 5[V]	18.1.1	Módulo de control quemado
					18.1.2	Actuador quemado
					18.1.3	Conector aislado
			18.2	El subsistema controla los componentes electrónicos recibiendo señales de los sensores menores a 0,1[V] o mayores a 5[V]	18.2.1	Conector aislado
					18.2.2	Sensor quemado

ANEXO B: “Fallas funcionales y modos de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

ANEXO C: EFECTOS Y CONSECUENCIAS DE FALLA

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
1.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el tablero Acción correctiva: Apretar terminales	0	0,5	\$38.654	\$ 1.667	c	c	\$ -	cc	1
1.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el tablero Acción correctiva: Cambiar terminales	0	1	\$38.654	\$ 8.323	b	c	\$ -	bc	1
1.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el tablero Acción correctiva: Cargar baterías	0	4	\$38.654	\$ 13.333	c	c	\$ -	cc	1
1.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el componente eléctrico Acción correctiva: Cambiar fusible	1	0,5	\$38.654	\$ 4.057	c	c	\$ 23.384	cc	1
1.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende el componente eléctrico Acción correctiva: Reparar cable	1	2	\$38.654	\$ 6.667	b	c	\$ 83.975	bc	1
1.1.6	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende la alarma Acción correctiva: Cambiar alarma de retroceso	1	1	\$38.654	\$ 16.323	b	c	\$ 54.978	bc	1
1.1.7	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende la luz Acción correctiva: Cambiar luz	4	0,5	\$38.654	\$ 8.667	b	c	\$ 111.975	bc	1
1.1.8	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende pértiga Acción correctiva: Cambiar pertiga	2	0,5	\$38.654	\$ 38.657	b	c	\$ 115.968	bc	1
1.1.9	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No enciende la cámara Acción correctiva: Cambiar cámara	1	7	\$38.654	\$ 83.323	b	c	\$ 353.904	bc	1
1.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende el tablero, pero no el motor Acción correctiva: Cambiar correa	0	1	\$38.654	\$ 52.734	c	c	\$ -	cc	1
1.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende luz de aviso en tablero Acción correctiva: Desarmar alternador y realizar mantenimiento	0	3	\$38.654	\$ 53.208	c	c	\$ -	cc	1
1.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende luz de aviso en tablero Acción correctiva: Desarmar alternador y realizar mantenimiento	0	3	\$38.654	\$ 40.740	c	c	\$ -	cc	1
1.2.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende luz de aviso en tablero Acción correctiva: Desarmar alternador y realizar mantenimiento	0	3	\$38.654	\$ 53.208	c	c	\$ -	cc	1
1.2.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Enciende luz de aviso en tablero Acción correctiva: Cambiar alternador	0	7	\$38.654	\$273.323	c	c	\$ -	cc	1

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC. P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
2.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):No sube presión del aire Acción correctiva: Cambiar filtro secador	0	1	\$38.654	\$ 67.656	a	c	\$ -	ac	2
2.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):No sube presión del aire Acción correctiva: Cambiar filtro secador	0	1	\$38.654	\$ 67.656	a	c	\$ -	ac	2
2.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):No sube presión del aire Acción correctiva: Cambiar manguera	1	2	\$38.654	\$ 19.157	a	c	\$ 96.465	ac	2
2.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):No sube presión del aire Acción correctiva: Limpiar válvula	0	3	\$38.654	\$ 10.000	a	c	\$ -	ac	2
2.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):No sube presión del aire Acción correctiva: Apretar engranaje	0	4	\$38.654	\$ 13.333	a	c	\$ -	ac	2
2.1.6	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):No sube presión del aire Acción correctiva: Cambiar kit de servicio	0	8	\$38.654	\$ 609.661	a	c	\$ -	ac	2
2.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Demora en aumentar la presión Acción correctiva: Cambiar filtro secador	0	1	\$38.654	\$ 67.656	a	c	\$ -	ac	2
2.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Demora en aumentar la presión Acción correctiva: Cambiar filtro secador	0	1	\$38.654	\$ 67.656	a	c	\$ -	ac	2
2.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Ruido de fuga y demora en aumentar la presión Acción correctiva: Apretar manguera	6	0,5	\$38.654	\$ 1.667	a	c	\$ 125.963	ac	2
2.2.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Valores de presión sobre 12,5[bar] Acción correctiva: Limpiar válvula	0	3	\$38.654	\$ 10.000	a	c	\$ -	ac	2

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
3.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Dirección dura, fuga visible. Acción correctiva: Cambiar flexible	0	1	\$38.654	\$ 18.500	a	a	\$ -	aa	3
3.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Dirección dura, fuga visible. Acción correctiva: Cambiar depósito de aceite	0	6	\$38.654	\$367.769	a	a	\$ -	aa	3
3.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Dirección dura. Acción correctiva: Cambiar correa	0	1	\$38.654	\$ 52.734	a	c	\$ -	ac	2
3.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Dirección dura. Acción correctiva: Cambiar bomba	0	7	\$38.654	\$868.657	a	c	\$ -	ac	2
3.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de aceite, fuga visible. Acción correctiva: Apretar flexible	2	0,5	\$38.654	\$ 1.667	b	b	\$ 41.988	bb	2
3.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumento en la presión y ruido en la bomba. Acción correctiva: Limpiar flexible	0	1	\$38.654	\$ 3.333	a	c	\$ -	ac	2
3.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de aceite, fuga visible. Acción correctiva: Cambiar depósito de aceite	0	6	\$38.654	\$367.769	a	a	\$ -	aa	3
3.2.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Chillido en correa. Acción correctiva: Apretar correa	0	0,5	\$38.654	\$ 1.667	b	c	\$ -	bc	1
3.2.5	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Dirección dura. Acción correctiva: Cambiar bomba	0	7	\$38.654	\$868.657	a	c	\$ -	ac	2

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
4.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de líquido, fuga visible. Acción correctiva: Apretar manguera	3	0,5	\$38.654	\$ 1.667	c	b	\$ 62.982	cb	1
4.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de líquido, fuga visible. Acción correctiva: Cambiar manguera	0	6	\$38.654	\$ 116.125	c	a	\$ -	ca	2
4.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de líquido, fuga visible. Acción correctiva: Cambiar depósito	0	6	\$38.654	\$ 417.302	c	a	\$ -	ca	2
4.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de líquido, fuga visible. Acción correctiva: Cambiar tapa	1	1	\$38.654	\$ 14.023	c	b	\$ 52.678	cb	1
4.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de líquido, fuga visible. Acción correctiva: Reparar radiador	0	8	\$38.654	\$ 198.323	c	a	\$ -	ca	2
4.1.6	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumento de temperatura, Manguera inferior del radiador fría. Acción correctiva: Envarillar radiador	0	8	\$38.654	\$ 173.333	c	c	\$ -	cc	1
4.1.7	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumento de temperatura, manguera inferior del radiador fria. Acción correctiva: Apretar correa	0	0,5	\$38.654	\$ 1.667	b	c	\$ -	bc	1
4.1.8	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumento de temperatura, manguera inferior del radiador fria. Acción correctiva: Cambiar correa	0	1	\$38.654	\$ 52.823	c	c	\$ -	cc	1
4.1.9	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumento de temperatura, manguera inferior del radiador fria. Acción correctiva: Cambiar bomba	0	7	\$38.654	\$ 388.223	c	c	\$ -	cc	1
4.1.10	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumento de temperatura, manguera inferior del radiador fria. Acción correctiva: Cambiar termostato	0	6	\$38.654	\$ 136.559	c	c	\$ -	cc	1

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
5.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Cambiar manguera	0	6	\$38.654	\$ 284.819	b	a	\$ -	ba	3
5.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Cambiar filtro	1	1	\$38.654	\$ 83.379	b	c	\$ 122.034	bc	1
5.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Cambiar pre filtro	0	6	\$38.654	\$ 49.493	b	c	\$ -	bc	1
5.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Cambiar módulo SCR	0	8	\$38.654	\$ 3.241.164	b	c	\$ -	bc	1
5.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Apretar manguera	1	0,5	\$38.654	\$ 1.667	b	b	\$ 20.994	bb	2
5.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Destapar manguera	0	2	\$38.654	\$ 6.667	b	c	\$ -	bc	1
5.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Cambiar filtro	1	1	\$38.654	\$ 80.379	b	c	\$ 119.034	bc	1
5.2.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Cambiar pre filtro	0	6	\$38.654	\$ 49.493	b	c	\$ -	bc	1
5.2.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aviso en el tablero y limitación de potencia. Acción correctiva: Destapar inyector	0	2	\$38.654	\$ 6.667	b	c	\$ -	bc	1

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
6.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):El cinturón no enclava Acción correctiva: Cambiar cinturón	3	1	\$ 38.654	\$ 43.323	a	c	\$ 245.933	ac	2
6.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):El cinturón no se estira o no se devuelve. Acción correctiva: Cambiar cinturón.	4	1	\$ 38.654	\$ 43.323	a	c	\$ 327.911	ac	2

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
7.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de líquido, fuga visible. Acción correctiva: Apretar manguera	2	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	c	b	\$ 41.988	cb	1
7.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Disminución nivel de líquido, fuga visible. Acción correctiva: Cambiar manguera	0	7	\$ 38.654	\$243.323	c	a	\$ -	ca	2
7.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Radiador de calefacción no emite aire caliente Acción correctiva: Cambiar llave de paso	0	6	\$ 38.654	\$ 64.990	c	c	\$ -	cc	1
7.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Radiado de calefacción no emite aire caliente Acción correctiva: Cambiar bomba	0	2	\$ 38.654	\$ 20.157	c	c	\$ -	cc	1
7.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Ventilador no gira Acción correctiva: Cambiar ventilador	2	6	\$ 38.654	\$ 76.290	c	c	\$ 616.432	cc	1
7.1.6	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aviso de error en módulo del climatizador Acción correctiva: Cambiar sensor	0	5	\$ 38.654	\$ 46.657	c	c	\$ -	cc	1

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
8.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Neumático se desinfla Acción correctiva: Cambiar válvula	0	0,5	\$38.654	\$ 1.867	a	c	\$ -	ac	2
8.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Neumático se desinfla Acción correctiva: Parchar neumático	6	1	\$38.654	\$ 3.533	a	c	\$ 253.126	ac	2
8.2.1	Evidente: No Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Menor agarre del neumático Acción correctiva: Cambiar neumático	14	1	\$38.654	\$493.323	a	b	\$ 7.447.688	ab	3

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
9.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Vehículo no frena Acción correctiva: Cambiar balatas	0	8	\$ 38.654	\$ 300.519	a	b	\$ -	ab	3
9.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Vehículo no frena Acción correctiva: Cambiar balatas y tambores	0	8	\$ 38.654	\$ 1.174.851	a	b	\$ -	ab	3
9.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Vehículo demora en frenar Acción correctiva: Cambiar balatas	1	8	\$ 38.654	\$ 300.519	a	b	\$ 609.753	ab	3
9.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Vehículo demora en frenar Acción correctiva: Cambiar tambores	0	8	\$ 38.654	\$ 900.999	a	b	\$ -	ab	3
9.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Vehículo demora en frenar Acción correctiva: Regular frenos	2	1	\$ 38.654	\$ 3.333	a	c	\$ 83.975	ac	2

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
10.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):No entran las marchas Acción correctiva: Cambiar disco de embrague	0	24	\$38.654	\$ 1.323.727	a	c	\$ -	ac	2
10.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Ruido al pisar y soltar embrague, no entran las marchas Acción correctiva: Cambiar prensa de	0	24	\$38.654	\$ 1.268.314	a	c	\$ -	ac	2
10.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Ruido al pisar y soltar embrague, no entran las marchas Acción correctiva: Cambiar rodamiento	0	24	\$38.654	\$ 309.990	a	c	\$ -	ac	2
10.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumentan las rpm pero el vehículo no avanza Acción correctiva: Cambiar arbol de transmisión	0	8	\$38.654	\$ 1.523.042	a	c	\$ -	ac	2
10.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumentan las rpm pero el vehículo no avanza Acción correctiva: Cambiar cruceta	0	3	\$38.654	\$ 169.210	a	c	\$ -	ac	2
10.1.6	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Diferencial trabado Acción correctiva: Cambiar engranajes	0	16	\$38.654	\$ 1.217.527	a	c	\$ -	ac	2
10.1.7	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Caja de cambios trabada Acción correctiva: Cambiar engranajes	0	32	\$38.654	\$ 1.655.924	a	c	\$ -	ac	2
10.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumentan las rpm pero el vehículo no avanza Acción correctiva: Cambiar disco de embrague	0	24	\$38.654	\$ 1.323.727	a	c	\$ -	ac	2
10.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Aumentan las rpm pero el vehículo no avanza Acción correctiva: Cambiar prensa de embrague	0	24	\$38.654	\$ 1.268.314	a	c	\$ -	ac	2
10.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Ruidos en el arbol de transmisión Acción correctiva: Cambiar cruceta	1	3	\$38.654	\$ 169.210	a	c	\$ 285.173	ac	2
10.2.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Ruidos en el diferencial Acción correctiva: Cambiar engranajes	0	16	\$38.654	\$ 1.217.527	a	c	\$ -	ac	2
10.2.5	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Ruidos en la caja de cambios Acción correctiva: Cambiar engranajes	0	32	\$38.654	\$ 1.655.924	a	c	\$ -	ac	2

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
11.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero, fuga visible Acción correctiva: Reparar carter	0	8	\$ 38.654	\$ 323.447	c	a	\$ -	ca	2
11.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero Acción correctiva: Limpiar chupador de	0	3	\$ 38.654	\$ 128.390	c	c	\$ -	cc	1
11.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero, fuga visible Acción correctiva: Apretar filtro	0	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	c	a	\$ -	ca	2
11.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero Acción correctiva: Cambiar filtro	0	1	\$ 38.654	\$ 37.641	c	c	\$ -	cc	1
11.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero Acción correctiva: Cambiar bomba de	0	8	\$ 38.654	\$ 1.290.252	c	c	\$ -	cc	1
11.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero, fuga visible Acción correctiva: Apretar filtro	0	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	c	a	\$ -	ca	2
11.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero Acción correctiva: Cambiar filtro	0	1	\$ 38.654	\$ 37.641	c	c	\$ -	cc	1
11.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero Acción correctiva: Limpiar chupador de aceite	0	3	\$ 38.654	\$ 128.390	c	c	\$ -	cc	1
11.2.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero Acción correctiva: Cambiar bomba de	0	8	\$ 38.654	\$ 1.290.252	c	c	\$ -	cc	1
11.2.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de presión de aceite en tablero Acción correctiva: Ajustar motor	0	120	\$ 38.654	\$ 6.800.000	c	c	\$ -	cc	1

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
12.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Motor no enciende, fuga visible Acción correctiva: Cambiar filtro	0	1	\$ 38.654	\$ 52.058	a	a	\$ -	aa	3
12.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Motor no enciende. Acción correctiva: Cambiar filtro	0	1	\$ 38.654	\$ 52.058	c	c	\$ -	cc	1
12.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Motor no enciende, fuga visible Acción correctiva: Reparar estanque	0	8	\$ 38.654	\$ 96.667	a	a	\$ -	aa	3
12.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Motor no enciende, fuga visible Acción correctiva: Cambiar manguera	0	6	\$ 38.654	\$ 87.890	a	a	\$ -	aa	3
12.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Motor no enciende Acción correctiva: Cambiar engranaje	0	24	\$ 38.654	\$ 213.490	c	c	\$ -	cc	1
12.1.6	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Motor no enciende Acción correctiva: Cambiar inyectores	0	8	\$ 38.654	\$ 5.291.127	c	c	\$ -	cc	1
12.1.7	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Motor no enciende Acción correctiva: Cambiar inyectores	0	8	\$ 38.654	\$ 5.291.127	c	c	\$ -	cc	1
12.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Motor pierde potencia Acción correctiva: Cambiar filtro	0	1	\$ 38.654	\$ 52.058	a	a	\$ -	aa	3
12.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Motor pierde potencia Acción correctiva: Cambiar filtro	0	1	\$ 38.654	\$ 52.058	c	c	\$ -	cc	1
12.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Motor pierde potencia Acción correctiva: Liberar manguera	0	1	\$ 38.654	\$ 3.333	c	c	\$ -	cc	1
12.2.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Motor pierde potencia Acción correctiva: Limpiar válvula	0	24	\$ 38.654	\$ 80.000	c	c	\$ -	cc	1
12.3.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Motor pierde potencia, fuga visible Acción correctiva: Apretar cañerías	0	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	a	a	\$ -	aa	3
12.3.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Aviso en tablero Acción correctiva: Cambiar electroválvula	0	7	\$ 38.654	\$ 278.323	c	c	\$ -	cc	1
12.3.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Aviso en tablero Acción correctiva: Limpiar válvula	0	3	\$ 38.654	\$ 10.000	c	c	\$ -	cc	1
12.3.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Aviso en tablero Acción correctiva: Limpiar válvula	0	3	\$ 38.654	\$ 10.000	b	b	\$ -	bb	2
12.3.5	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Aviso en tablero Acción correctiva: Cambiar sensor	0	7	\$ 38.654	\$ 349.123	c	c	\$ -	cc	1

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
13.1.1	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No arranca el motor Acción correctiva: Cargar baterías	0	4	\$ 38.654	\$ 13.333	c	c	\$ -	cc	1
13.1.2	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No arranca el motor Acción correctiva: Apretar bornes	0	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	b	c	\$ -	cc	1
13.1.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):No arranca el motor Acción correctiva: Lijar y apretar cables del motor de arranque	0	1	\$ 38.654	\$ 3.333	c	c	\$ -	cc	1
13.1.4	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No arranca el motor Acción correctiva: Desarmar y limpiar motor de arranque	0	3	\$ 38.654	\$ 10.000	c	c	\$ -	cc	1
13.1.5	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No arranca el motor Acción correctiva: Cambiar carbones	0	4	\$ 38.654	\$ 25.013	c	c	\$ -	cc	1
13.1.6	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):No arranca el motor Acción correctiva: Cambiar solenoide	0	8	\$ 38.654	\$ 75.614	c	c	\$ -	cc	1
13.1.7	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Motor descomprimido, no arranca Acción correctiva: Ajustar motor	0	120	\$ 38.654	\$ 6.800.000	c	b	\$ -	cb	1
13.1.8	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Motor descomprimido, no arranca Acción correctiva: Regular valvulas	0	3	\$ 38.654	\$ 20.000	c	b	\$ -	cb	1
13.1.9	Evidente: Sí Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Motor trabado, no arranca Acción correctiva: Ajustar motor	0	120	\$ 38.654	\$ 6.800.000	c	c	\$ -	cc	1
13.2.1	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Motor pierde potencia, respuesta lenta Acción correctiva: Cambiar filtro de aire	6	1	\$ 38.654	\$ 190.038	c	b	\$ 1.372.156	cb	1
13.2.2	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Motor con baja compresión, pierde potencia Acción correctiva: Ajustar motor	0	120	\$ 38.654	\$ 6.800.000	c	b	\$ -	cb	1
13.2.3	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Motor con baja compresión, pierde potencia Acción correctiva: Regular válvulas	0	3	\$ 38.654	\$ 20.000	c	b	\$ -	cb	1
13.2.4	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Moto pierde potencia Acción correctiva: Apretar manguera	0	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	b	b	\$ -	bb	2
13.2.5	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Moto pierde potencia Acción correctiva: Cambiar manguera	0	6	\$ 38.654	\$ 45.690	b	b	\$ -	bb	2
13.2.6	Evidente: Sí Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas):Motor pierde potencia Acción correctiva: Cambiar sobrealimentador	0	8	\$ 38.654	\$ 1.854.873	b	b	\$ -	bb	2

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
14.1.1	Evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Apretar cañería	0	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	c	c	\$ -	cc	1
14.1.2	Evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Cambiar cañería	0	6	\$ 38.654	\$ 125.690	c	c	\$ -	cc	1
14.1.3	Evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Tensar correa	0	0,5	\$ 38.654	\$ 1.667	c	c	\$ -	cc	1
14.1.4	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Cambiar correa	1	1	\$ 38.654	\$ 15.323	c	c	\$ 53.978	cc	1
14.1.5	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Cambiar ventilador	0	8	\$ 38.654	\$ 450.657	c	c	\$ -	cc	1
14.1.6	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Cambiar sensor	0	6	\$ 38.654	\$ 49.990	c	c	\$ -	cc	1
14.1.7	Evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Cambiar válvula	0	7	\$ 38.654	\$ 67.323	c	c	\$ -	cc	1
14.1.8	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Cambiar filtro	0	6	\$ 38.654	\$ 104.480	c	c	\$ -	cc	1
14.1.9	Evidente: No Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas):Aire acondicionado no emite aire frio Acción correctiva: Recargar gas	1	1	\$ 38.654	\$ 83.333	c	c	\$ 121.988	cc	1

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
15.1.1	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Retardador no se activa Acción correctiva: Cambiar aceite retardador	1	2	\$ 38.654	\$ 27.057	a	c	\$ 104.365	ac	2
15.1.2	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Retardador no se activa Acción correctiva: Cambiar aceite retardador	0	1	\$ 38.654	\$ 37.323	a	c	\$ -	ac	2
15.1.3	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Retardador no se activa Acción correctiva: Cambiar manguera de refrigerante	1	2	\$ 38.654	\$ 36.538	a	b	\$ 113.846	ab	1
15.1.4	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Retardador no se activa Acción correctiva: Cambiar aceite retardador	0	2	\$ 38.654	\$ 41.107	a	c	\$ -	ac	2

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
16.1.1	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Rebote del chasis Acción correctiva: Cambiar amortiguadores	0	7	\$38.654	\$ 562.487	a	c	\$ -	ac	2
16.1.2	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Golpeteo en la suspensión Acción correctiva: Cambiar perno	0	1	\$38.654	\$ 8.333	a	c	\$ -	ac	2
16.1.3	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Vibración en el volante Acción correctiva: Balancear ruedas	0	2	\$38.654	\$ 106.667	b	c	\$ -	bc	1
16.1.4	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Vibración en el pedal de freno Acción correctiva: Cambiar tambores de freno	0	8	\$38.654	\$ 900.999	b	c	\$ -	bc	1
16.1.5	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Golpeteo en la suspensión Acción correctiva: Cambiar ballestas	3	8	\$38.654	\$ 506.657	a	c	\$ 2.447.674	ac	2
16.1.6	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Golpeteo en la suspensión Acción correctiva: Cambiar bujes de ballestas	0	7	\$38.654	\$ 259.077	a	c	\$ -	ac	2
16.1.7	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Golpeteo en la suspensión Acción correctiva: Cambiar bujes barra estabilizadora	0	2	\$38.654	\$ 28.777	a	c	\$ -	ac	2

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
17.1.1	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): El volante se inclina hacia un lado Acción correctiva: Cambiar bujes barra estabilizadora	0	2	\$38.654	\$ 28.777	a	c	\$ -	ac	2
17.1.2	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): El volante se inclina hacia un lado Acción correctiva: Cambiar barra dirección	1	7	\$38.654	\$1.158.523	a	c	\$ 1.429.104	ac	2
17.1.3	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): No es posible dirigir el vehículo con el volante Acción correctiva: Cambiar rótula	0	7	\$38.654	\$ 99.323	a	c	\$ -	ac	2
17.1.4	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): El volante se inclina hacia un lado y golpeteo en la dirección Acción correctiva: Cambiar rótula	3	7	\$38.654	\$ 99.323	a	c	\$ 1.109.711	ac	2
17.1.5	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Rebote del chasis Acción correctiva: Cambiar amortiguadores	0	7	\$38.654	\$ 562.487	a	c	\$ -	ac	2
17.1.6	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): Golpeteo en la suspensión Acción correctiva: Cambiar ballestas	0	8	\$38.654	\$ 506.657	a	c	\$ -	ac	2
17.1.7	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): El volante se inclina hacia un lado Acción correctiva: Inflar neumático	6	0,5	\$38.654	\$ 1.667	b	c	\$ 125.963	bc	1
17.1.8	Evidente: Si Afecta SHA: Si Efecto operacional (síntomas): El volante se inclina hacia un lado y golpeteo en la dirección Acción correctiva: Cambiar rodamiento	0	7	\$38.654	\$ 362.423	a	c	\$ -	ac	2

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Efecto Falla	FREC FALLAS	MTTR (LOG-EJEC-P EN MARCHA)	IMP. PROD. CLP/hr	COSTOS DIRECTOS POR FALLA CLP/falla	IMP SEG	IMP AMB	RIESGO CUANTITATIVO CLP/año	RIESGO CUALITATIVO	GRÁFICO
18.1.1	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de falla en tablero Acción correctiva: Cambiar módulo	0	16	\$38.654	\$ 1.750.100	b	c	\$ -	bc	1
18.1.2	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de falla en tablero Acción correctiva: Cambiar actuador	0	7	\$38.654	\$ 278.323	b	c	\$ -	bc	1
18.1.3	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de falla en tablero Acción correctiva: Limpiar conector	0	1	\$38.654	\$ 3.333	b	c	\$ -	bc	1
18.2.1	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de falla en tablero Acción correctiva: Limpiar conector	5	1	\$38.654	\$ 3.333	b	c	\$ 209.938	bc	1
18.2.2	Evidente: Si Afecta SHA: No Efecto operacional (síntomas): Aviso de falla en tablero Acción correctiva: Cambiar sensor	1	7	\$38.654	\$ 349.123	b	c	\$ 619.704	bc	1

ANEXO C: “Efectos y consecuencias de falla”
(Fuente: FMECA de elaboración propia)

ANEXO D: HOJAS DE DECISIÓN

Registro en "Hoja de decision RCM"																					
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310			Fecha: 10/03/24	Hoja N° 1														
			Sub-Sistema Eléctrico																		
	Sub-Sistema																				
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1	H2	H3	Tareas a falta de			Tareas propuestas			Frecuencia inicial		A realizar por				
						S1	S2	S3													
						O1	O2	O3													
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4									
1	1.1	1.1.1	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual y apretar terminales si es necesario	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electromecánico						
1	1.1	1.1.2	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual, cambiar terminales si es necesario	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electromecánico						
1	1.1	1.1.3	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Lectura de voltaje en panel de instrumentos	Diario	Operador						
1	1.1	1.1.4	S	N	N	S	N	N	N	N			NINGUNA TAREA PROGRAMADA								
1	1.1	1.1.5	S	N	N	S	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA								
1	1.1	1.1.6	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual y prueba de funcionamiento	Diario	Operador						
1	1.1	1.1.7	N				S														
1	1.1	1.1.8	N				S														
1	1.1	1.1.9	S	S			S														
1	1.2	1.2.1	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a la correa	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electromecánico						
1	1.2	1.2.2	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Lectura de voltaje en panel de instrumentos	Diario	Operador						
1	1.2	1.2.3	N				S														
1	1.2	1.2.4	N				S														
1	1.2	1.2.5	N				S														

Registro en "Hoja de decision RCM"																		
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo					Sistema N° Scania F310		Fecha: 10/03/24		Hoja N° 2		Tareas a falta de				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
						Sub-Sistema Neumático												
	Sub-Sistema					H1	H2	H3	S1	S2	S3							
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias				N1	N2	N3	H4	H5	S4						
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
2	2.1	2.1.1	S	S			N	N	S				SUSTITUCIÓN PROGRAMADA Cambiar filtro secador		1 vez al año (Cada 50 semanas)	Mecánico		
2	2.1	2.1.2	S	S			N	N	S									
2	2.1	2.1.3	S	S			S											
2	2.1	2.1.4	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Lectura presión del sistema en el panel de instrumentos		Diario	Operador		
2	2.1	2.1.5	S	S			S											
2	2.1	2.1.6	S	S			S											
2	2.2	2.2.1	S	S			N	N	S				SUSTITUCIÓN PROGRAMADA Cambiar filtro secador		1 vez al año (Cada 50 semanas)	Mecánico		
2	2.2	2.2.2	S	S			N	N	S									
2	2.2	2.2.3	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Lectura presión del sistema en el panel de instrumentos		Diario	Operador		
2	2.2	2.2.4	S	S			S											

Registro en "Hoja de decision RCM"																								
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo					Sistema N°			Fecha: 10/03/24					Hoja N° 3										
						Scania F310																		
	Sub-Sistema					Sub-Sistema N°																		
Dirección Hidráulica																								
Referencia de Información			Evaluacion de las Consecuencias					H1			H2		H3		Tareas a falta de			Tareas propuestas			Frecuencia inicial		A realizar por	
								S1			S2		S3											
								O1			O2		O3											
F	FF	MF	H	S	E	O			N1	N2	N3	H4	H5	S4										
3	3.1	3.1.1	S	S					S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a los flexibles de dirección			5 veces al año (Cada 10 semanas)		Mecánico				
3	3.1	3.1.2	S	S					S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual al depósito y medir nivel de aceite			Diario		Operador				
3	3.1	3.1.3	S	S					S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual y comprobar tensión a la correa			5 veces al año (Cada 10 semanas)		Mecánico				
3	3.1	3.1.4	S	S					s						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medición de presión al sistema			1 vez al año (Cada 50 semanas)		Mecánico				
3	3.2	3.2.1	N						S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a los flexibles de dirección			5 veces al año (Cada 10 semanas)		Mecánico				
3	3.2	3.2.2	N						S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medición de presión al sistema			1 vez al año (Cada 50 semanas)		Mecánico				
3	3.2	3.2.3	S	S					S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual al depósito y medir nivel de aceite			Diario		Operador				
3	3.2	3.2.4	N						S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual y comprobar tensión a la correa			5 veces al año (Cada 10 semanas)		Mecánico				
3	3.2	3.2.5	S	S					S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medición de presión al sistema			1 vez al año (Cada 50 semanas)		Mecánico				

Registro en "Hoja de decision RCM"																				
Hoja de decision n RCM	Sistema/Activo		Sistema N°				Fecha: 10/03/24		Hoja N° 4											
			Bus Scania																	
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Enfriamiento																	
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias				H1		H2		H3		Tareas a falta de		Tareas propuestas		Frecuencia inicial		A realizar por	
							S1		S2		S3									
							O1		O2		O3									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
4	4.1	4.1.1	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN		5 veces al año (Cada 10 semanas)		Mecánico			
4	4.1	4.1.2	S	N	S		S						Inspección visual a mangueras							
4	4.1	4.1.3	S	N	S		S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN		Diario		Operador			
													Inspección visual al depósito y comprobación de nivel							
4	4.1	4.1.4	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN		5 veces al año (Cada 10 semanas)		Mecánico			
4	4.1	4.1.5	S	N	S		S						Monitoreo constante de la temperatura e inspección							
4	4.1	4.1.6	S	N	N	S	S						visual al radiador							
4	4.1	4.1.7	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN		5 veces al año (Cada 10 semanas)		Mecánico			
4	4.1	4.1.8	S	N	N	S	S						Inspección visual de la correa y comprobar tensión							
4	4.1	4.1.9	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN		Diario		Operador			
4	4.1	4.1.10	S	N	N	S	S						Monitoreo constante de la temperatura							

Registro en "Hoja de decision RCM"															
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310												
	Sub-Sistema		Sub-Sistema N° Reducción catalítica		Fecha:	10/03/24	Hoja								
			H1	H2	H3	Tareas a falta de			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por				
			S1	S2	S3										
O1	O2	O3													
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias												
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
5	5.1	5.1.1	S	N	S		S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a mangueras	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico
5	5.1	5.1.2	S	N	S		N	N	S				SUSTITUCIÓN PROGRAMADA Cambiar filtro de Adblue	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Electro mecánico
5	5.1	5.1.3	S	N	S		N	N	S				SUSTITUCIÓN PROGRAMADA Cambiar pre filtro de Adblue	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Electro mecánico
5	5.1	5.1.4	S	N	S		S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Revisión de parámetros con software de diagnóstico	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Electro mecánico
5	5.2	5.2.1	S	N	S		S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a mangueras	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico
5	5.2	5.2.2	S	N	S		N	S					REACONDICIONAMIENTO PROGRAMADO Lavar internamente las mangueras de Adblue	1 vez al año (Cada 50 semanas)	Electro mecánico
5	5.2	5.2.3	S	N	S		N	N	S				SUSTITUCIÓN PROGRAMADA Cambiar filtro de Adblue	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Electro mecánico
5	5.2	5.2.4	S	N	S		N	N	S				SUSTITUCIÓN PROGRAMADA Cambiar pre filtro de Adblue	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Electro mecánico
5	5.2	5.2.5	S	N	S		N	S					REACONDICIONAMIENTO PROGRAMADO Lavar inyector de Adblue	1 vez al año (Cada 50 semanas)	Electro mecánico

Registro en "Hoja de decision RCM"															
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N°												
			Scania F310												
	Sub-Sistema		Sub-Sistema N° Retención		Fecha: 10/03/24	Hoja N° 6									
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1	H2	H3	Tareas a falta de				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
						S1	S2	S3							
						O1	O2	O3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
6	6.1	6.1.1	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Diario	Operador
													Inspección visual, comprobar enclavamiento y que el trinquete no esté trabado		
6	6.1	6.1.2	N				S								

ANEXO D: “Hojas de decisión"

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Registro en "Hoja de decision RCM"															
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310					Fecha: 10/03/24	Hoja N° 7						
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Calefacción												
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1		H2		H3		Tareas a falta de	Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
						S1		S2		S3					
						O1		O2		O3					
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
7	7.1	7.1.1	N				S								
7	7.1	7.1.2	S	N	S		S								
7	7.1	7.1.3	S	N	N	N	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA		
7	7.1	7.1.4	S	N	N	N	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA		
7	7.1	7.1.5	S	N	N	N	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA		
7	7.1	7.1.6	S	N	N	N	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA		

Registro en "Hoja de decision RCM"																		
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310															
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Rodado		Fecha: 10/03/24		Hoja N° 8											
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias				H1	H2	H3	Tareas a falta de				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por		
							S1	S2	S3									
							O1	O2	O3									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
8	8.1	8.1.1	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medir aire a neumáticos				Diario	Operador
8	8.1	8.1.2	N				S											
8	8.2	8.2.1	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medición de profundidad a surcos de la banda de rodadura y rotación de neumáticos	10 veces al año (Cada 5 semanas)	Vulcanizador			

Registro en "Hoja de decision RCM"															
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310				Fecha: 10/03/24	Hoja N° 9							
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Frenos												
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1		H2	H3	Tareas a falta de					
						S1		S2	S3						
						O1		O2	O3						
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
9	9.1	9.1.1	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medición del recorrido del actuador de frenos, limpieza e inspección a tambores y balatas	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
9	9.1	9.1.2	S	S			S								
9	9.2	9.2.1	N				S								
9	9.2	9.2.2	N				S								
9	9.2	9.2.3	N				S								

ANEXO D: “Hojas de decisión"

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Registro en "Hoja de decision RCM"																		
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310						Fecha: 10/03/24		Hoja N°10							
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Transmisión		O1		O2		O3		Tareas a falta de							
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1		H2		H3		Tareas propuestas		Frecuencia inicial		A realizar por		
						S1		S2		S3								
						O1		O2		O3								
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
10	10.1	10.1.1	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medir grosor del disco de embrague a través de la ventanilla de inspección	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico			
10	10.1	10.1.2	S	N	N	S	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA					
10	10.1	10.1.3	S	N	N	S	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA					
10	10.1	10.1.4	S	N	N	S	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA					
10	10.1	10.1.5	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Inspección visual y engrase a las crucetas	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico Lubricador			
10	10.1	10.1.6	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Cambio de aceite al diferencial	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Mecánico Lubricador			
10	10.1	10.1.7	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Cambio de aceite a la caja de cambios	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Mecánico Lubricador			
10	10.2	10.2.1	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medir grosor del disco de embrague a través de la ventanilla de inspección	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico			
10	10.2	10.2.2	S	N	N	S	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA					
10	10.2	10.2.3	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Inspección visual y engrase a las crucetas	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico Lubricador			
10	10.2	10.2.4	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Cambio de aceite al diferencial	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Mecánico Lubricador			
10	10.2	10.2.5	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Cambio de aceite a la caja de cambios	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Mecánico Lubricador			

Registro en "Hoja de decision RCM"																			
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310																
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Lubricación		Fecha: 10/03/24	Hoja N°11													
	Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1	H2	H3	Tareas a falta de				Tareas propuestas			Frecuencia inicial		A realizar por
S1							S2	S3											
F			FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
11	11.1	11.1.1	S	N	S			S								MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a carter por posibles golpes	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico Lubricador	
11	11.1	11.1.2	S	N	N		S	N	N	N						NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
11	11.1	11.1.3	S	N	S			N	N	S						SUSTITUCIÓN CÍCLICA Cambiar filtro de aceite	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico Lubricador	
11	11.1	11.1.4	S	N	N		S	N	N	S									
11	11.1	11.1.5	S	N	N		S	N	N	N						NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
11	11.2	11.2.1	S	N	S			N	N	S						SUSTITUCIÓN CÍCLICA Cambiar filtro de aceite	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico Lubricador	
11	11.2	11.2.2	S	N	N		S	N	N	S									
11	11.2	11.2.3	S	N	N		S	N	N	N						NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
11	11.2	11.2.4	S	N	N		S	N	N	N						NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
11	11.2	11.2.5	S	N	N		S	N	S							REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Cambio aceite de motor	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico Lubricador	

ANEXO D: “Hojas de decisión"

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Registro en "Hoja de decision RCM"																
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310													
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Combustible			Fecha: 10/03/24		Hoja N°12								
	Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1 S1 O1		H2 S2 O2		H3 S3 O3		Tareas a falta de			
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por
12	12.1	12.1.1	N				N	N	S				SUSTITUCIÓN CÍCLICA Cambiar filtros de combustible		5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
12	12.1	12.1.2	N				N	N	S							
12	12.1	12.1.3	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual al estanque		5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
12	12.1	12.1.4	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a las mangueras de combustible		5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
12	12.1	12.1.5	N				N	N	N	N	N		NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
12	12.1	12.1.6	N	N	N	S	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
12	12.1	12.1.7	N	N	N	S	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
12	12.2	12.2.1	N				N	N	S				SUSTITUCIÓN CÍCLICA Cambiar filtros de combustible		5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
12	12.2	12.2.2	N				N	N	S							
12	12.2	12.2.3	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a las mangueras de combustible		5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
12	12.2	12.2.4	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Monitoreo de presión del sistema con software de diagnóstico		5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico
12	12.3	12.3.1	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a cañerías de combustible		5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
12	12.3	12.3.2	N				S									
12	12.3	12.3.3	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Monitoreo de presión del sistema con software de diagnóstico		5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico
12	12.3	12.3.4	N				S									
12	12.3	12.3.5	S	N	N	S	S									

ANEXO D: “Hojas de decisión"

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Registro en "Hoja de decision RCM"																				
Hoja de decisio n RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310				Fecha: 10/03/24	Hoja N° 13									Tareas a falta de	Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
	Sub-Sistema	Sub-Sistema Motor	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3															
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			N1	N2	N3	H4	H5	S4									
F	FF	MF	H	S	E	O														
13	13.1	13.1.1	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Lectura de voltaje en panel de instrumentos				Diario	Operador		
13	13.1	13.1.2	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual y apretar bornes si es necesario				5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico		
13	13.1	13.1.3	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual y limpiar si es necesario				5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico		
13	13.1	13.1.4	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Desarmar y realizar mantenimiento al motor de arranque				1 vez al año (Cada 50 semanas)	Electro mecánico		
13	13.1	13.1.5	S	N	N	S	N	S												
13	13.1	13.1.6	S	N	N	S	N	S												
13	13.1	13.1.7	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medir presión de compresión al motor				1 vez al año (Cada 50 semanas)	Mecánicos		
13	13.1	13.1.8	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Regular válvulas del motor				1 vez al año (Cada 50 semanas)	Mecánicos		
13	13.1	13.1.9	S	N	N	S	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Cambiar aceite de motor				5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico lubricador		
13	13.2	13.2.1	N				N	N	S				SUSTITUCIÓN CÍCLICA Cambiar filtro de aire				10 veces al año (Cada 5 semanas)	Mecánico lubricador		
13	13.2	13.2.2	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medir presión de compresión al motor				1 vez al año (Cada 50 semanas)	Mecánicos		
13	13.2	13.2.3	N				N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Regular válvulas del motor				1 vez al año (Cada 50 semanas)	Mecánicos		
13	13.2	13.2.4	S	N	N	S	S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a mangueras del turbo compresor				5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico		
13	13.2	13.2.5	S	N	N	S	S													
13	13.2	13.2.6	S	N	N	S	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA							

Registro en "Hoja de decision RCM"																
Hoja de decisio n RCM	Sistema/Activo		Sistema N°													
			Scania F310													
	Sub-Sistema		Sub-Sistema		Fecha:	Hoja										
		Aire acondicionado		10/03/24		N°14										
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias				H1	H2	H3	Tareas a falta de				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
14	14.1	14.1.1	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a cañerías de aire acondicionado	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico	
14	14.1	14.1.2	S	N	N	N	S									
14	14.1	14.1.3	N				S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a las correas	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico	
14	14.1	14.1.4	S	N	N	S	S									
14	14.1	14.1.5	S	N	N	N	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
14	14.1	14.1.6	S	N	N	N	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
14	14.1	14.1.7	S	N	N	N	N	N	N				NINGUNA TAREA PROGRAMADA			
14	14.1	14.1.8	S	N	N	N	N	N	S				SUSTITUCIÓN CÍCLICA Cambiar filtro de aire de salón	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Electro mecánico	
14	14.1	14.1.9	S	N	N	N	N						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección del nivel de aceite del compresor y medir presión del gas	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico	

ANEXO D: “Hojas de decisión”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Registro en "Hoja de decision RCM"															
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310												
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Freno auxiliar		Fecha: 10/03/24	Hoja N°15									
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1	H2	H3	Tareas a falta de				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
						S1	S2	S3							
						O1	O2	O3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
15	15.1	15.1.1	S	S			N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Cambiar aceite de retardador	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Mecánico lubricador
15	15.1	15.1.2	S	S			N	N	S				SUSTITUCIÓN CÍCLICA Cambiar filtro de aceite de retardador	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Mecánico lubricador
15	15.1	15.1.3	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a mangueras del retardador	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
15	15.1	15.1.4	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Lectura de temperatura en prueba de funcionamiento con software de diagnóstico	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico

Registro en "Hoja de decision RCM"																
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N°													
			Scania F310													
	Sub-Sistema		Sub-Sistema Suspensión		Fecha: 10/03/2	Hoja N°16										
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1	H2	H3	Tareas a falta de				Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por
						S1	S2	S3								
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3							
N1	N2	N3	H4	H5	S4											
16	16.1	16.1.1	S	S			S							MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a los amortiguadores y busqueda de holguras	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
16	16.1	16.1.2	S	S			S									
16	16.1	16.1.3	S	S			N	S						REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Balancear ruedas	2 veces al año (Cada 20 semanas)	Vulcanizador
16	16.1	16.1.4	S	S			S							MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medición del recorrido del actuador de frenos, limpieza e inspección a tambores y balatas	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánicos
16	16.1	16.1.5	S	S			S							MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a ballestas y busqueda de holguras	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico
16	16.1	16.1.6	S	S			S									
16	16.1	16.1.7	S	S			S							MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a barra estabilizadora y busqueda de holguras	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico

ANEXO D: “Hojas de decisión"

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

Registro en "Hoja de decision RCM"																				
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N° Scania F310																	
	Sub-Sistema		SubSistema Dirección		Fecha: 10/03		Hoja N°													
					H1	H2	H3													
					S1	S2	S3	Tareas a falta de												
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			O1	O2	O3					Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por				
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
17	17.1	17.1.1	S	S			S								MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a barra estabilizadora y busqueda de holguras	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico			
17	17.1	17.1.2	S	S			S								MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a barras de dirección	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico			
17	17.1	17.1.3	S	S			N	N	N	S				COMBINACIÓN DE TAREAS	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual y busqueda de holguras en rótulas de dirección	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico			
17	17.1	17.1.4	S	S			N	N	N	S					REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Engrasar rótulas de dirección	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico lubricador			
17	17.1	17.1.5	S	S			S								MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a los amortiguadores y busqueda de holguras	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico			
17	17.1	17.1.6	S	S			S								MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección visual a ballestas y busqueda de holguras	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico			
17	17.1	17.1.7	S	S			S								MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Medición de aire a los neumáticos	Diario	Operador			
17	17.1	17.1.8	S	S			N	N	N	S				COMBINACIÓN DE TAREAS	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Busqueda de holguras y ruidos en los rodamientos	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Mecánico			
															REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO Inspeccionar y engrasar rodamientos	1 vez al año (Cada 50 semanas)	Mecánico			

Registro en "Hoja de decision RCM"															
Hoja de decision RCM	Sistema/Activo		Sistema N°		Fecha: 10/03/2		Hoja N°18								
			Scania F310												
	Sub-Sistema		Sub-Sistema												
			Control electrónico												
Referencia de Informacion			Evaluacion de las Consecuencias			H1	H2	H3	Tareas a falta de			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por	
						S1	S2	S3							
						O1	O2	O3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5				S4
18	18.1	18.1.1	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Lectura de los parámetros en vivo y busqueda de códigos inactivos con software de diagnóstico	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico
18	18.1	18.1.2	S	S			S								
18	18.1	18.1.3	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Inspección de los conectores de sensores y actuadores. Revisar Que estén apretados y limpiar si es necesario	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico
18	18.2	18.2.1	S	S			S								
18	18.2	18.2.2	S	S			S						MANTENIMIENTO A CONDICIÓN Lectura de los parámetros en vivo y busqueda de códigos inactivos con software de diagnóstico	5 veces al año (Cada 10 semanas)	Electro mecánico

ANEXO D: “Hojas de decisión"

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

ANEXO E: ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y PRESUPUESTO ANUAL

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
1.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual. Apretar terminales si es necesario	5	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 1.667
1.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual, Cambiar terminales si es necesario	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ 4.990	\$ 9.990
1.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 121.667
1.1.4	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							\$ -
1.1.5	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							\$ -
1.1.6	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y prueba de funcionamiento	365	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 243.333
1.1.7	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y prueba de funcionamiento	365	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 243.333
1.1.8	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y prueba de funcionamiento	365	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 243.333
1.1.9	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y prueba de funcionamiento	365	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 243.333
1.2.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a la correa del alternador	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
1.2.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
1.2.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
1.2.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
1.2.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
2.1.1	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA	Cambiar filtro secador	1	1	0,3	\$ 3.333	\$ 64.323	\$ 65.323
2.1.2	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA							
2.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura presión del sistema neumático en el panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 121.667
2.1.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
2.1.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
2.1.6	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
2.2.1	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA	Cambiar filtro secador	1	1	0,3	\$ 3.333	\$ 64.323	
2.2.2	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA							
2.2.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura presión del sistema neumático en el panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
2.2.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							

ANEXO E: “Acciones de mantenimiento y presupuesto anual”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
3.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a los flexibles de dirección	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
3.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual al depósito y medir nivel de aceite	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 121.667
3.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y comprobar tensión a la correa de la dirección	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
3.1.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medición de presión al sistema de dirección hidráulica	1	1	1	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
3.2.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a los flexibles de dirección	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	
3.2.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medición de presión al sistema de dirección hidráulica	1	1	1	\$ 3.333	\$ -	
3.2.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual al depósito y medir nivel de aceite	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
3.2.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y comprobar tensión a la correa de la dirección	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	
3.2.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medición de presión al sistema de dirección hidráulica	1	1	1	\$ 3.333	\$ -	

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
4.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a mangueras del sistema de enfriamiento	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
4.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
4.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual al depósito y comprobación de nivel de	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$121.667
4.1.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Monitoreo constante de la temperatura e inspección visual al radiador	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
4.1.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
4.1.6	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
4.1.7	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual de la correa de la bomba de agua y comprobar su tensión	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
4.1.8	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
4.1.9	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Monitoreo constante de la temperatura	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$121.667
4.1.10	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							

ANEXO E: “Acciones de mantenimiento y presupuesto anual”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
5.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a mangueras de Adblue	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
5.1.2	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA	Cambiar filtro de Adblue	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 80.046	\$163.425
5.1.3	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA	Cambiar pre filtro de Adblue	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 29.493	\$ 62.319
5.1.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Revisión de parámetros con software de diagnóstico	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
5.2.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a mangueras de Ablue	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	
5.2.2	REACONDICIONAMIENTO PROGRAMADO	Lavar internamente las mangueras de Adblue	1	1	1	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
5.2.3	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA	Cambiar filtro de Adblue	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 80.046	
5.2.4	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA	Cambiar pre filtro de Adblue	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 29.493	
5.2.5	REACONDICIONAMIENTO PROGRAMADO	Lavar inyector de Adblue	1	1	1	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
6.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual, comprobar enclavamiento y que el trinquete no esté trabado	365	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$608.333
6.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
7.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a mangueras de calefacción	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 8.333
7.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
7.1.3	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
7.1.4	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
7.1.5	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
7.1.6	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
8.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medición de aire a los neumáticos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$121.667
8.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
8.2.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medición de profundidad a surcos de la banda de rodadura y rotación de neumáticos	10	1	1	\$ 3.333	\$ -	\$ 33.333

ANEXO E: “Acciones de mantenimiento y presupuesto anual”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
9.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medición del recorrido del actuador de frenos,limpieza e inspección a tambores y balatas	5	2	3	\$ 3.333	\$ -	\$ 100.000
9.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
9.2.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
9.2.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
9.2.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
10.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medir grosor del disco de embrague a través de la ventanilla de inspección	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 5.000
10.1.2	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
10.1.3	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
10.1.4	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
10.1.5	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Inspección visual y engrase a las crucetas	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ 4.990	\$ 8.323
10.1.6	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Cambio de aceite al diferencial	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 146.870	\$297.073
10.1.7	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Cambio de aceite a la caja de cambios	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 146.870	\$297.073
10.2.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medir grosor del disco de embrague a través de la ventanilla de inspección	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	
10.2.2	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
10.2.3	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Inspección visual y engrase a las crucetas	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ 4.990	
10.2.4	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Cambio de aceite al diferencial	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 146.870	
10.2.5	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Cambio de aceite a la caja de cambios	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 146.870	

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
11.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a carter por posibles golpes	5	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 1.667
11.1.2	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
11.1.3	SUSTITUCIÓN CÍCLICA	Cambiar filtro de aceite de motor	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ 34.308	\$ 176.540
11.1.4	SUSTITUCIÓN CÍCLICA							
11.1.5	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
11.2.1	SUSTITUCIÓN CÍCLICA	Cambiar filtro de aceite de motor	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ 34.308	
11.2.2	SUSTITUCIÓN CÍCLICA							
11.2.3	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
11.2.4	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
11.2.5	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Cambio aceite de motor	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ 236.780	\$1.192.233

ANEXO E: “Acciones de mantenimiento y presupuesto anual”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
12.1.1	SUSTITUCIÓN CÍCLICA	Cambiar filtros de combustible	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ 48.725	\$ 248.625
12.1.2	SUSTITUCIÓN CÍCLICA							
12.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual al estanque de combustible	5	1	0,1	\$ 5.000	\$ -	\$ 2.500
12.1.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a las mangueras de combustible	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
12.1.5	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
12.1.6	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
12.1.7	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
12.2.1	SUSTITUCIÓN CÍCLICA	Cambiar filtros de combustible	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ 48.725	
12.2.2	SUSTITUCIÓN CÍCLICA							
12.2.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a las mangueras de combustible	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	
12.2.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Monitoreo de presión del sistema de combustible con software de diagnóstico	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 8.333
12.3.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a cañerías de combustible	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
12.3.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Monitoreo de presión del sistema de combustible con software de diagnóstico	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	
12.3.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
12.3.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
12.3.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							

ANEXO E: “Acciones de mantenimiento y presupuesto anual”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
13.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de voltaje en panel de instrumentos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
13.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y apretar terminales si es necesario	5	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
13.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual y limpiar conectores del motor de arranque si es necesario	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ 5.490	\$ 13.823
13.1.4	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Desarmar y realizar mantenimiento al motor de arranque	1	1	3	\$ 3.333	\$ 17.170	\$ 27.170
13.1.5	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO							
13.1.6	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO							
13.1.7	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medir presión de compresión al motor	1	2	1,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 10.000
13.1.8	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Regular válvulas del motor	1	2	3	\$ 3.333	\$ -	\$ 20.000
13.1.9	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Cambiar aceite de motor	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ 236.780	
13.2.1	SUSTITUCIÓN CÍCLICA	Cambiar filtro de aire	10	1	0,2	\$ 3.333	\$ 186.705	\$1.873.717
13.2.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medir presión de compresión al motor	1	2	1,5	\$ 3.333	\$ -	
13.2.3	RECONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Regular válvulas del motor	1	2	3	\$ 3.333	\$ -	
13.2.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a mangueras del turbo compresor	5	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	\$ 1.667
13.2.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
13.2.6	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							

ANEXO E: “Acciones de mantenimiento y presupuesto anual”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
14.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a cañerías de aire acondicionado	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
14.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
14.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a la correa del aire acondicionado	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
14.1.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
14.1.5	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
14.1.6	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
14.1.7	NINGUNA TAREA PROGRAMADA							
14.1.8	SUSTITUCIÓN CÍCLICA	Cambiar filtro de aire de salón	2	2	0,5	\$ 3.333	\$ 84.480	\$175.627
14.1.9	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección del nivel de aceite del compresor y medir presión del gas	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 8.333

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
15.1.1	REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Cambiar aceite de retardador	2	1	0,5	\$ 3.333	\$ 20.390	\$44.113
15.1.2	SUSTITUCIÓN CÍCLICA	Cambiar filtro de aceite de retardador	2	1	0,2	\$ 3.333	\$ 33.990	\$69.313
15.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICION	Inspección visual a mangueras del retardador	5	1	0,2	\$ 3.333	\$ -	\$ 3.333
15.1.4	MANTENIMIENTO A CONDICION	Lectura de temperatura en prueba de funcionamiento con software de diagnóstico	5	1	1	\$ 3.333	\$ -	\$16.667

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
16.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a los amortiguadores y búsqueda de holguras	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 5.000
16.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
16.1.3	REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Balancear ruedas	2	1	2	\$ 3.333	\$100.000	\$ 113.333
16.1.4	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medición del recorrido del actuador de frenos, limpieza e inspección a tambores y balatas	5	2	3	\$ 3.333	\$ -	
16.1.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a ballestas y búsqueda de holguras	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 5.000
16.1.6	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN							
16.1.7	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a barra estabilizadora y búsqueda de holguras	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 5.000

ANEXO E: “Acciones de mantenimiento y presupuesto anual”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
17.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a barra estabilizadora y búsqueda de holguras	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 5.000
17.1.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a barras de dirección	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 5.000
17.1.3	COMBINACIÓN DE TAREAS	Inspección visual y búsqueda de holguras en rótulas de dirección	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	\$ 5.000
17.1.4		Engrasar rotulas de dirección	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ 4.990	\$ 9.990
17.1.5	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a los amortiguadores y búsqueda de holguras	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	
17.1.6	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección visual a ballestas y búsqueda de holguras	5	1	0,3	\$ 3.333	\$ -	
17.1.7	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Medición de aire a los neumáticos	365	1	0,1	\$ 3.333	\$ -	
17.1.8	COMBINACIÓN DE TAREAS	Busqueda de holguras y ruidos en los rodamientos	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 8.333
		Inspeccionar y engrasar rodamientos	1	1	2	\$ 3.333	\$ 4.990	\$ 11.657

#	Actividad Mtto	Acción a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Numero de personas	HH - ejecución	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales, o servicios requeridos	PTTO ANUAL
18.1.1	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de los parámetros en vivo y búsqueda de códigos inactivos con software de diagnóstico	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 8.333
18.1.2								
18.1.3	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Inspección de los conectores de sensores y actuadores.	5	2	1,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 50.000
18.2.1		Revisar Que estén apretados y limpiar si es necesario						
18.2.2	MANTENIMIENTO A CONDICIÓN	Lectura de los parámetros en vivo y búsqueda de códigos inactivos con software de diagnóstico	5	1	0,5	\$ 3.333	\$ -	\$ 8.333

ANEXO E: “Acciones de mantenimiento y presupuesto anual”

(Fuente: FMECA de elaboración propia)