

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

**PROPUESTA DE MEJORA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA FLOTA
DE VEHICULOS CVU EN MINERA EL TENIENTE RANCAGUA**

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

Alumno:

Jhonn Maicholl Alexander Guzmán
Olivares

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi González

2024

RESUMEN

KEYWORDS: NEW MERCEDES BENZ SPRINTER 516CDI - MANTENIMIENTO.

El proyecto se enfoca en la implementación de la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) para optimizar el plan de mantenimiento de la flota de minibuses Mercedes Benz 516 CDI, debido al incremento de fallas observado en estos vehículos. Inicialmente, se utiliza el diagrama Jack Knife para identificar el subsistema más crítico dentro de la operación, lo que proporciona una base sólida para dirigir los esfuerzos hacia un área específica que tenga un mayor impacto en la confiabilidad y seguridad del vehículo.

Posteriormente, se emplea la herramienta FMECA (Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad) para profundizar en los posibles modos de falla de los componentes del subsistema crítico. A través del NPR (Número Prioritario de Riesgos), se obtiene una visión cuantitativa de los distintos modos de falla, lo que facilita la identificación de los más riesgosos para el equipo. Estos resultados son llevados al árbol de toma de decisiones, donde se determinan las tareas de mantenimiento adecuadas, los periodos de tiempo y los responsables de ejecutar dichas tareas para cada modo de falla, con el objetivo de mejorar la eficiencia del mantenimiento.

Una vez completado este análisis, se avanza hacia el desarrollo de nuevas pautas de mantenimiento que incorporen acciones específicas para mitigar los riesgos identificados. Para finalizar, se realiza un análisis de prefactibilidad económica, comparando la propuesta mejorada con el plan de mantenimiento actual en términos de confiabilidad, seguridad y viabilidad económica. El objetivo final es no solo aplicar mejores prácticas de mantenimiento, sino también adoptar un enfoque más proactivo, eficiente y rentable en la gestión de los activos críticos de la empresa.

ÍNDICE

RESUMEN	
SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO 1: DATOS GENERALES DE LA EMPRESA Y FAENA, DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y ELECCIÓN DEL SUBSISTEMA CRÍTICO	3
1.1. ANTECEDENTES GENERALES. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
1.1.1 Empresa de transporte CVU	4
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA MINERA	4
1.2.1. Instalaciones CVU en minera	5
1.3. MISIÓN Y VISIÓN	7
1.3.1 Misión	7
1.3.2. Visión	8
1.3.3. Alcance	8
1.4. MINI BUS DE TRANSPORTE NEW MERCEDES BENZ 516CDI	8
1.4.1. Descripción del equipo	8
1.5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	9
1.5.1. Subsistemas del mini bus new Mercedes Benz 516cdi	9
1.5.2. Subsistema eléctrico	9
1.5.3. Subsistema Estructural o carrocería	9
1.5.4. Chasis	10
1.5.5. Subsistema de aire acondicionado	11
1.6. IDENTIFICACIÓN DEL SUBSISTEMA CRÍTICO	11
1.6.1. Selección del subsistema critico	12
1.7. PROBLEMÁTICA	13
CAPÍTULO 2: JERARQUIZACIÓN DE MODOS DE FALLA Y APLICACIÓN DE HERRAMIENTA RCM	14
2.1. APLICACIÓN DE RCM	15
2.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO	15
2.3. APLICACIÓN DEL FMECA	16
2.4. DEFINICIÓN DE LA INTENCIÓN DE DISEÑO	16

2.5.	ANÁLISIS FUNCIONAL (SIPOC)	17
2.6.	COMPONENTES INVOLUCRADOS EN EL SUBSISTEMA DE CHASIS	18
2.7.	IDENTIFICACIÓN DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA	19
2.7.	JERARQUIZACIÓN DEL RIESGO	19
2.7.1.	Severidad	20
2.7.2.	Ocurrencia	20
2.7.3.	Detección	21
2.8.	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA FMECA	23
2.9.	TOMA DE DECISIONES	29
2.10.	HOJA DE DECISIONES	30

**CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE PAUTA DE MANTENIMIENTO Y
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA** **36**

3.1.	ELABORACIÓN DE PAUTA DE TRABAJO	37
3.2.	ANÁLISIS GLOBAL DE ACTIVOS (GMA)	37
3.3.	MÉTODO DE TRABAJO PAUTA GMA	38
3.4.	EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA	45
3.5.	GASTOS ASOCIADOS A LOS EQUIPOS	45
3.5.1.	Costo mano de obra	46
3.6.	PLANIFICACIÓN EN PROCESO	47
3.6.1.	Planificación actual	47
3.7.	COSTOS DE PLANIFICACIÓN ACTUAL	48
3.8.	COSTOS DE LA NUEVA PLANIFICACIÓN	49
3.9.	IMPACTO DE LA NUEVA PROPUESTA	51
3.10.	FLUJO DE CAJA	52
3.11.	FLUJO DE CAJA ANUALIZADO	53

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **54**

BIBLIOGRAFÍA **55**

ANEXOS **56**

ANEXO A:	MODOS DE FALLO SUBSISTEMA DE CHASIS	57
ANEXO B:	PAUTA ANÁLISIS GLOBAL DE ACTIVOS (GMA)	58
ANEXO C:	FICHA TÉCNICA MINI BUS MERCEDES BENZ 516 CDI 4X4	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Instalaciones de la empresa	4
Figura 1-2:	Vista panorámica de instalaciones.	5
Figura 1-3:	Área mecánica en Rancagua.	6
Figura 1-4:	Bodega faena Rancagua.	7
Figura 1-5:	Bus Mercedes 516CDI.	9
Figura 1-6:	Carrocería modelo Sprinter 516 CDI 19+1 4x4 AT.	10
Figura 1-7:	Chasis Mercedes Benz modelo 516CDI.	10
Figura 1-8:	Mapa conceptual subsistema y componentes del bus Mercedes Benz 516CDI.	11
Figura 1-9:	Resultados de análisis Jack Knife para selección del subsistema crítico	12
Figura 2-1:	Metodología de trabajo	15
Figura 2-2:	Análisis SIPOC	17
Figura 2-3:	Análisis SIPOC del bus Mercedes Benz 516CDI	18
Figura 2-4:	Aplicabilidad de FMECA y RCM	19
Figura 2-5:	Diagrama de decisiones	30
Figura 2-6:	Registro consecuencias de fallas en hoja de decisión	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Severidad	20
Tabla 2-2:	Ocurrencia	21
Tabla 2-3:	Detección.	22
Tabla 2-4:	Clasificación de los riesgos de falla	22
Tabla 2-5:	FMECA Modos de fallo y NPR	23
Tabla 2-6:	Hoja de decisión RCM	31
Tabla 2-7:	Registro consecuencias de fallas en hoja de decisión	32
Tabla 2-8:	Toma de decisiones	34
Tabla 3-1:	Pauta análisis global de activos.	37
Tabla 3-2:	Pauta análisis global de activos.	37
Tabla 3-3:	Pauta análisis global de activos.	38
Tabla 3-4:	Pauta análisis global de activos.	38
Tabla 3-5:	Pauta análisis global de activos, tareas de frenos a realizar.	39

Tabla 3-6:	Pauta análisis global de activos extracto trabajos a realizar.	40
Tabla 3-7:	Pauta análisis global de activos extracto trabajos a realizar y cargos.	41
Tabla 3-8:	Pauta análisis global de activos extracto tipos de mantenimiento	41
Tabla 3-9:	Tipos de mantenimiento Kaufmann Sprinter chasis 907	42
Tabla 3-10:	Pauta análisis global de activos extracto firmas y comentarios.	43
Tabla 3-11:	Pauta Análisis global de activos, materiales.	43
Tabla 3-12:	Pauta Análisis global de activos, Mano de obra	44
Tabla 3-13:	Gasto de repuestos e insumos de los 42 vehículos durante 4 meses	45
Tabla 3-14:	Gasto mano de obra anual	46
Tabla 3-15:	Gasto mantención aproximado	47
Tabla 3-16:	Gasto anual del proyecto	48
Tabla 3-17:	Nuevas tareas de mantenimiento	49
Tabla 3-18:	Resumen costos nuevas tareas de mantenimiento	49
Tabla 3-19:	Resumen costos total del nuevo proyecto	50
Tabla 3-20:	Diferencia de costos de los proyectos	50
Tabla 3-21:	Perdida por no operación del vehículo	51
Tabla 3-22:	Perdida por no operación del vehículo anualizado	52

SIGLAS Y SÍMBOLOGÍAS

SIGLAS

GMA: Análisis global de activos.
RCM: Mantenimiento centrado en la confiabilidad FMECA: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad MP: Mantención Programada

SIMBOLOGÍA

% : Porcentaje
Hz : Hertz
Km : Kilómetros
kW : Kilowatt
L : Litros
m : Metro
mm : Milímetro
V : Volt

INTRODUCCIÓN

En el constante y dinámico entorno industrial, las eficacias de los planes de mantenimiento se han vuelto esenciales para garantizar la confiabilidad y eficiencia de los activos más críticos de una empresa. Bajo esta idea surge el mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, una herramienta que permite extender la vida útil de los distintos equipos cambiando los enfoques tradicionales del mantenimiento.

La empresa CVU y su crecimiento exponencial de la flota de vehículos en los últimos años han evidenciado carencias en el mantenimiento asociado a las condiciones climáticas extremas en las que operan los vehículos, planes del fabricante con tiempos de intervención muy extensos, poca supervisión de los componentes y el no registro de actividades de mantenimiento, lo que disminuye la disponibilidad y aumenta los costos de las fallas.

El proyecto propone la implementación de la metodología RCM para mejorar el plan de mantenimiento actual de la flota de minibuses Mercedes Benz 516 CDI, debido al incremento de fallas que han tenido estos vehículos es por esto que comenzaremos aplicando el diagrama Jack Knife para determinar el subsistema más crítico dentro de la operación, lo que nos proporciona una base sólida para centrar nuestros esfuerzos en un subsistema en específico ya que estos tendrán mayor impacto en la confiabilidad y seguridad del vehículo.

La siguiente fase es la aplicación de la herramienta FMECA que profundiza los distintos modos de falla posibles para los componentes del subsistema crítico junto con esto la aplicación del número prioritario de riesgos NPR la que nos ofrecerá una visión cuantitativa de los distintos modos de falla permitiendo identificar los modos más riesgosos para el equipo. Una vez identificados, serán llevados al árbol de toma de decisiones para poder determinar la tarea de mantenimiento adecuadas, los periodos de tiempo y los encargados de dichas tareas para cada modo con el objetivo de mejorar la eficiencia del mantenimiento. Una vez obtenido todo este análisis, el proyecto avanzará hacia el desarrollo de las nuevas pautas de mantenimiento que incorporará las acciones específicas para mitigar los riesgos identificados.

Para culminar el proyecto expondrá la mejora con el análisis de prefactibilidad económica. Esta etapa es crucial al comparar la nueva propuesta, con la actual que se está implementando, esta comparación tendrá la finalidad de garantizar que cualquier cambio sugerido no solo mejore con confiabilidad y seguridad, sino que también sea económicamente viable. Buscando no solo aplicar mejores prácticas de mantenimiento, sino también, tener un enfoque más proactivo, eficiente y rentable de los activos críticos de la empresa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer una mejora al plan de mantenimiento de la empresa CVU en minera El Teniente a través de metodología RCM, que permita la realización de nuevas actividades de mantenimiento, considerando criterios de calidad, seguridad y medioambiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar los componentes del equipo, determinando el componente crítico en base a los históricos de falla mediante la aplicación del diagrama Jack knife para la toma de decisión.
- Analizar los modos de fallos de los subsistemas críticos del vehículo, mediante el análisis de modos, efectos y criticidad de fallo existente, para la elección de tareas de mantenimiento enfocadas en un árbol para la toma de decisiones y así la obtención de nuevas pautas de mantenimiento.
- Elaborar la pauta de mantenimiento basándose en los datos obtenidos y analizando los costos de las tareas de mantenimiento, mediante la comparación de valores asociado a las actividades y costos por detención del equipo, para que se logre la cuantificación del impacto económico que tendrá la propuesta.

CAPÍTULO 1: DATOS GENERALES DE LA EMPRESA Y FAENA.
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y ELECCIÓN DEL SUBSISTEMA CRÍTICO

1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA Y FAENA, DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y ELECCIÓN DEL SUBSISTEMA CRÍTICO

1.1. ANTECEDENTES GENERALES. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1.1 Empresa de transporte CVU

La empresa de transporte CVU es una empresa chilena ubicada en la ciudad de Quillota en la quinta región que está enfocada en prestar servicios de transporte en el ámbito privado a lo largo de Chile principalmente se centra en el traslado de personal a faenas mineras, algunas empresas a la que presta servicios son Codelco, SQM, Komatsu, FLSmidth, etc. Es una empresa que se ha caracterizado por la calidad de sus servicios y maquinarias, renovando periódicamente su flota de vehículos para así tener la mejor tecnología y la más reciente del mercado para la seguridad y comodidad de sus clientes, certificándose en ISO 9001:2015, 18001:2007, 14001:2015 para un mejor servicio.



Fuente: Fotografía google Street view.

Figura 1-1: Instalaciones de la empresa

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA MINERA

A más de 2300 metros sobre el nivel del mar se encuentra situada en la comuna de Machali, región del libertador Bernardo O'Higgins La minera El Teniente operada por

la empresa estatal Codelco, siendo este su yacimiento más austral.

El teniente se compone por más de 3000 km de galería subterránea por lo que es considerada la minera de cobre subterránea más grande del mundo y también teniendo una operación a cielo abierto. El acceso a esta es mediante la carretera el cobre construida en la década de 1960 específicamente para el ingreso a esta.



Fuente: Diario la tercera.

Figura 1-2: Vista panorámica de instalaciones.

1.2.1. Instalaciones CVU en minera

Para un adecuado funcionamiento de los vehículos en obra es necesario que exista una gran coordinación entre las diferentes áreas que completan las instalaciones.

1.2.1.1. Oficina de administración, prevención y operaciones

Aquí se gestiona y controla todas las actividades de los vehículos en la faena, se encargan de las rutas, como también se encargan de coordinar las tareas de mantenimiento, además son los encargados de la logística en la recepción y en el despacho de los equipos que llegan para una mantención ya sea interna o para Kaufmann o cualquier inconveniente que tenga este para realizar su labor de transporte.

1.2.1.2. Área mecánica

En se encargan de recibir los equipos, diagnosticar y reparar dentro de los tiempos determinados y lo que la capacidad de las instalaciones ya que solo se ven reparaciones a baja escala, esto en coordinación con la oficina de administración.

En el caso de presentarse una falla, se instruirá al personal para realizar tareas correctivas y/o preventivas, como también para reparar los vehículos en caso de alguna falla imprevista para que así los equipos puedan seguir realizando las labores programadas.



Fuente: Fotografía tomada en faena.

Figura 1-3: Área mecánica en Rancagua.

1.2.1.3. Área Bodega

Área encargada del almacena de los repuestos necesarios para el correcto mantenimiento de los vehículos, los que son enviados desde la central en Quillota a la faena Rancagua previa coordinación de la oficina de administración.



Fuente: Fotografía tomada faena.

Figura 1-4: Bodega faena Rancagua.

1.2.1.4. Área carrocería

Esta área es la encargada de las reparaciones tanto externas como al interior de los equipos, ya que son los que realizan tareas como desabolladuras de los equipos en caso de algún choque, cambio de ventanas en mal estado, reparaciones al tapizado de los asientos y el posterior pintado del equipo. Todo esto para tener a los equipos en las mejores condiciones visibles posibles y así entregar la mejor impresión a los clientes.

1.3. MISIÓN Y VISIÓN

1.3.1 Misión

Entregar un servicio seguro, cómodo y de la más alta calidad en el traslado del personal de su empresa.

1.3.2. Visión

Ser líderes en el transporte del personal, en donde nuestra empresa presta servicio diferenciado por la atención personalizada y la calidad de nuestros operarios. Ser la Empresa Número uno en puntualidad y servicio. Su seguridad es nuestra tranquilidad.

1.3.3. Alcance

Esta empresa presenta mayoritariamente las operaciones de sus servicios en la zona norte y centro del país, debido a la gran demanda de las diferentes mineras que existen en esta zona.

Algunos de los lugares en los que la empresa CVU presta sus servicios son Iquique, Mejillones, Antofagasta, Calama, D. de Almagro, Copiapó, Potrerillos, Caserones, Catemu, Los Andes, Quillota, Alto Maipo, Rancagua. En cada una de estas ubicaciones la empresa tiene un taller mecánico para realizar las mantenciones pertinentes que su tamaño dependerá de la cantidad de vehículos asignados.

1.4. **MINI BUS DE TRANSPORTE NEW MERCEDES BENZ 516CDI**

1.4.1. Descripción del equipo

El mini bus Mercedes Benz 516CDI, es un vehículo de transporte con capacidad para 19+1 pasajeros, es utilizado principalmente para el transporte de pasajeros al interior de faenas mineras. El 516 CDI viene equipado con motor Mercedes Benz OM 651, de 163 CV de potencia a 3800 rpm y 360 Nm de torque acopado a una transmisión automática 7G-Tronic plus con tracción 4x4. Este modelo de vehículo se caracteriza por su motor de bajo consumo, reduciendo los costos operativos de este y por su fiabilidad. Además, por sus características que permiten una conducción segura, confiable y de gran confort gracias a la tecnología que este posee las que van desde la dirección asistida, cambio de modalidad de tracción desde la cabina, frenos ABS control de deslizamiento de aceleración, distribución electrónica de fuerza de frenado y control de tracción electrónico. Especificaciones del bus Mercedes Benz 516CDI.



Fuente: Fotografía tomada en faena.

Figura 1-5: Bus Mercedes 516CDI.

1.5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

1.5.1. Subsistemas del mini bus new Mercedes Benz 516cdi

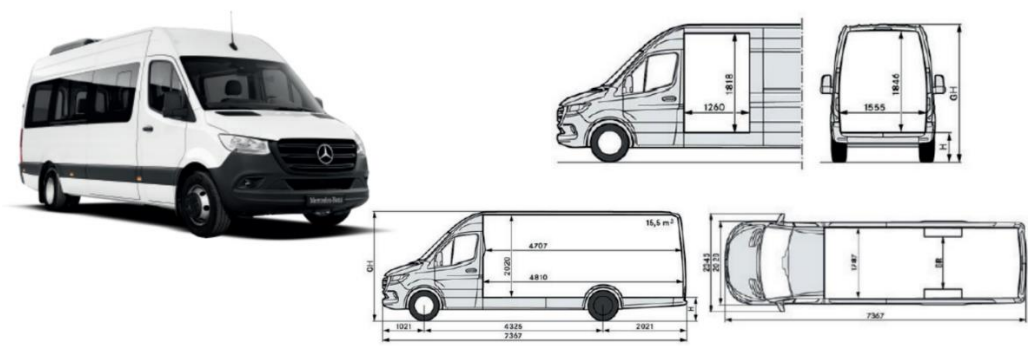
El equipo se dividirá en cuatro sistemas lo cuales son: Chasis, estructural o carrocería, eléctrico y aire acondicionado. Para así proceder a definirlos y mencionar la función que cumple cada una de estas.

1.5.2. Subsistema eléctrico

El subsistema eléctrico y sus componentes son de los más importantes ya que están encargados de recibir la energía, para que así esta pueda comenzar con su funcionamiento de la manera más eficaz, al tener un sistema eléctrico en malas condiciones esto ocasionaría que el rendimiento del bus decaiga dando como resultado diferentes fallas afectando su funcionamiento. Entre algunos componentes se pueden mencionar: Motor de arranque, alternador, batería, sensores, controles electrónicos variados.

1.5.3. Subsistema Estructural o carrocería

Encargado de reunir todos los subsistemas mencionados en su interior. Dentro de este podemos encontrar el sistema de aire acondicionado, asientos, iluminación interior y los componentes necesarios para la comodidad y seguridad para el usuario.



Fuente: Pagina web Kaufmann.

Figura 1-6: Carrocería modelo Sprinter 516 CDI 19+1 4x4 AT.

1.5.4. Chasis

El chasis conocido como el esqueleto del vehículo, es la estructura interna que aporta rigidez y forma a este, además de ser el sostén de los componentes mecánicos incluyendo la carrocería. Este es un modelo muy firme y de alta durabilidad, diseñado para soportar las más severas condiciones de operación y manejo. El chasis está diseñado para una carga de 1720 kg en sus 7,367 metros de largo. Además, podemos encontrar componentes como lo son las ruedas y neumáticos, ejes delanteros y traseros y los componentes que van montados en estos, transmisión y motor que corresponde al modelo OM651 diésel de 2.143 centímetros cúbicos.

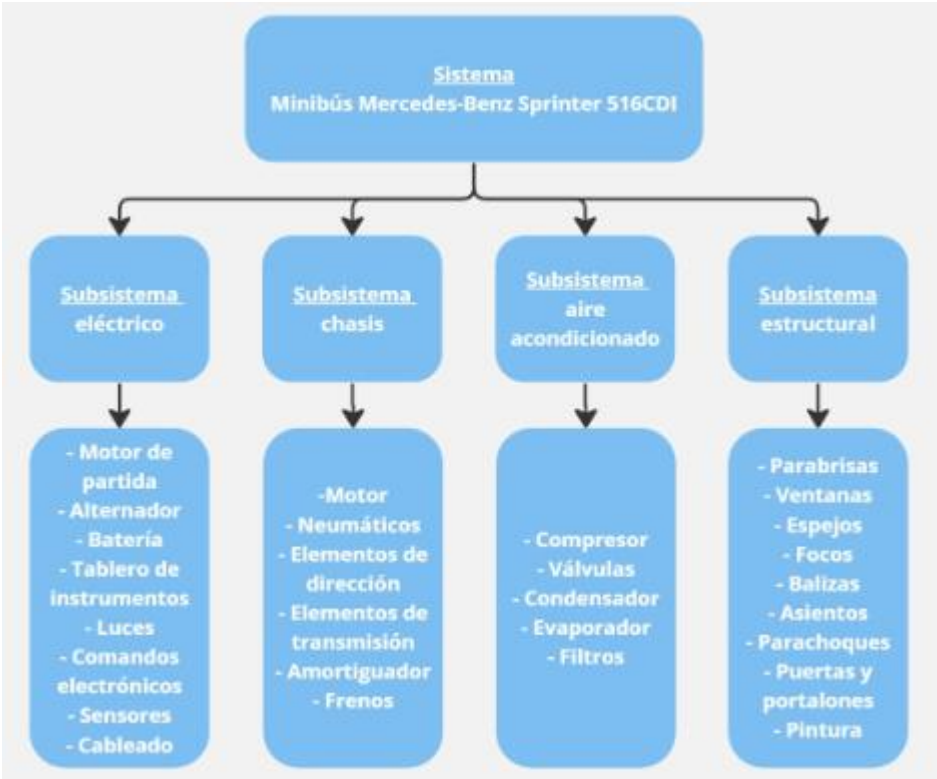


Fuente: Pagina web Mercedes-Benz.

Figura 1-7: Chasis Mercedes Benz modelo 516CDI.

1.5.5. Subsistema de aire acondicionado

El subsistema encargado de regular la temperatura al interior del mini bus, para así poder entregar el servicio de viaje más cómodo y de mayor confort al pasajero. Dentro de los componentes más importantes de este subsistema tenemos: Compresor, válvula de expansión, condensador y evaporador.



Fuente: Elaboración en base a los subsistemas y componentes del equipo.

Figura 1-8: Mapa conceptual subsistema y componentes del bus Mercedes Benz 516CDI.

1.6. IDENTIFICACIÓN DEL SUBSISTEMA CRÍTICO

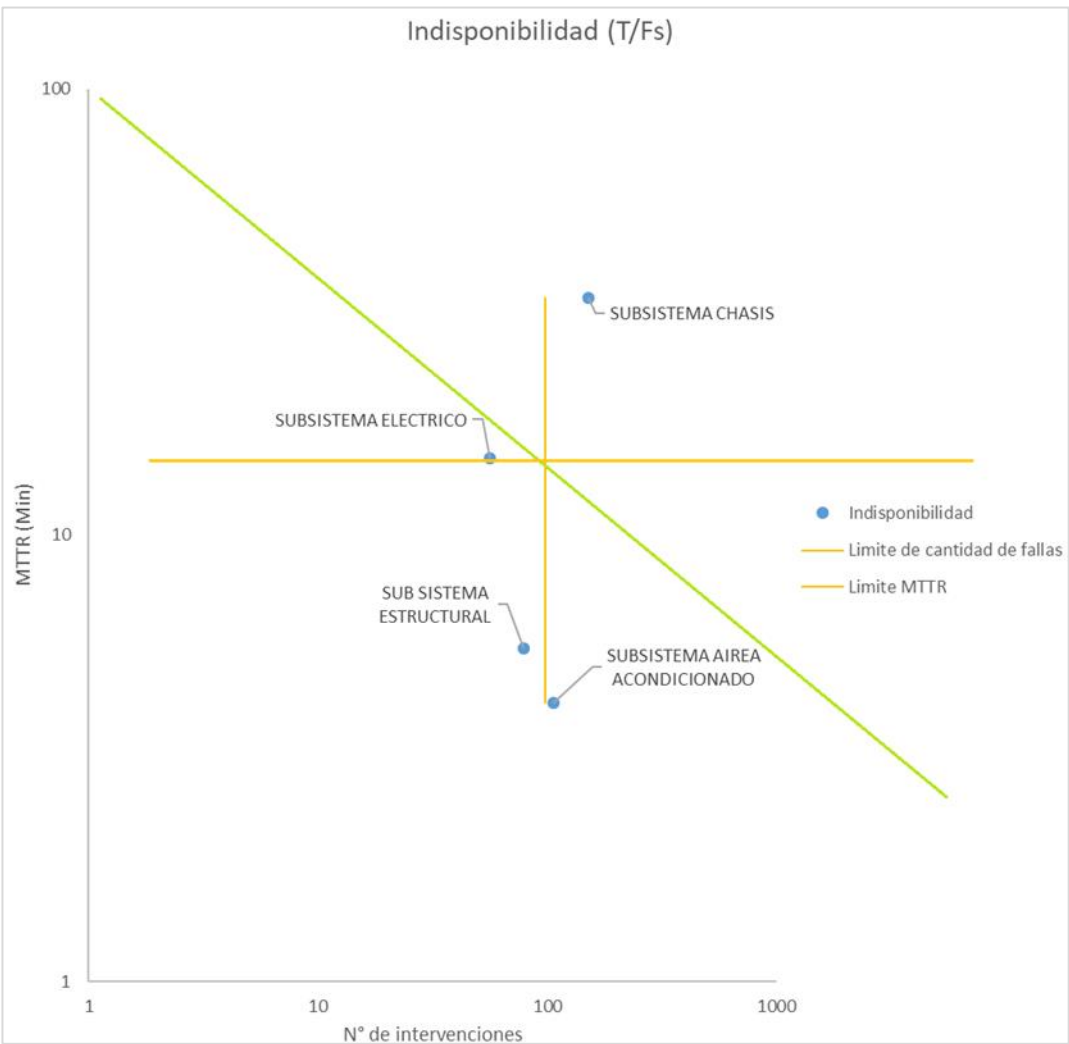
Realizado la jerarquización de subsistemas a través de información obtenida mediante la plataforma Fractal entregada por la oficina técnica, utilizado para registrar toda la información de las órdenes de trabajo, mantenciones planificadas, equipos detenidos, información de recursos humanos, entre otros.

Para la posterior jerarquización de tareas de mantenimiento más críticas se procederá a realizar un análisis a las tareas de mantenimiento a los últimos 4 meses del

equipo Mercedes Benz 516CDI. Para así poder tener información del tiempo total que estuvo detenido el equipo durante este periodo de tiempo. A continuación, se realizará un diagrama Jack Knife e identificará el subsistema más crítico dentro de todas los presentes.

1.6.1. Selección del subsistema critico

Una vez recopilado los datos necesarios de las diferentes tareas de mantenimiento presentes en el equipo Mercedes Benz 516CDI y tiempo por detención en minutos causados por mencionadas tareas, se procederá a realizar un diagrama Jack Knife para así poder identificar el tipo de tarea más crítica dentro del equipo y darle énfasis al subsistema y componentes que está sufriendo dichas fallas. Por consiguiente, se representa el resultado del diagrama Jack Knife obtenido con los datos recopilados.



Fuente: Elaboración propia en base a fallas del Mercedes Benz 516CDI

Figura 1-9: Resultados de análisis Jack Knife para selección del subsistema crítico

Como resultado de este diagrama Jack Knife se puede concluir que la tarea de mantenimiento del subsistema de Chasis son unas de las tareas más críticas dentro del equipo debido a la gran cantidad de fallas que presenta y sus elevados tiempos de reparación del Mercedes Benz 516CDI. Por lo que se dará el enfoque en este subsistema para desarrollar este proyecto.

1.7. **PROBLEMÁTICA**

El crecimiento exponencial que ha tenido esta empresa desde el año 2012 es sumamente alto, por lo que constantemente está buscando mejorar en las diferentes áreas que componen su organización, es por esto que siempre están intentando implementar procesos de auditorías con el fin de certificarse y ser una empresa completa y con mayor prestigio, para así destacar de la competencia.

La empresa actualmente cuenta con un sistema de mantenimiento que cumple con su objetivo de mantener operativos sus activos. Sin embargo, la efectividad de las tareas de mantenimiento se ve comprometida debido a la falta de detalles en el plan de mantenimiento existente. Uno de los problemas clave radica en la insuficiente recopilación y registro de datos relacionados con el mantenimiento de equipos específicos, como tiempos de trabajo, repuestos utilizados, personal a cargo de la tarea y costos asociados, entre otros.

Esta carencia en la documentación detallada dificulta la capacidad de realizar un seguimiento y programación efectivos de las tareas de mantenimiento. Además, se ha identificado que, las actividades de mantenimiento preventivo programadas por el fabricante no cumplen con las expectativas ya que se observan fallas de componentes anticipadas a su kilometraje de mantenimiento.

Un ejemplo concreto de las consecuencias de esta problemática se manifiesta en el subsistema crítico obtenido. La falta de un registro detallado y seguimiento adecuado ha llevado a que los distintos elementos no se revisen ni reemplacen en los momentos oportunos. Como resultado, se ha observado un desgaste prematuro de estos componentes, lo que no solo reduce la eficiencia de los equipos, sino que también aumenta los costos de mantenimiento y afecta negativamente la seguridad y el rendimiento de los activos.

CAPÍTULO 2: JERARQUIZACIÓN DE MODOS DE FALLA Y
APLICACIÓN DE HERRAMIENTA RCM

2. JERARQUIZACIÓN DE MODOS DE FALLA Y APLICACIÓN DE HERRAMIENTA RCM

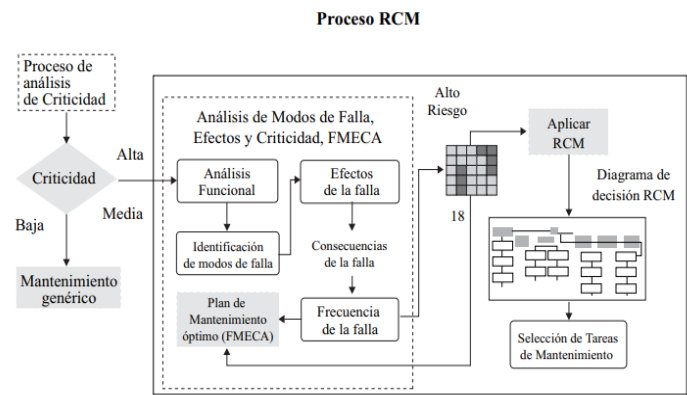
2.1. APLICACIÓN DE RCM

La metodología RCM busca la optimización de la confiabilidad de los equipos y la eficiencia del mantenimiento; identificar los posibles modos de fallo, sus causas y consecuencias y desarrollar estrategias de mantenimiento específicas para cada caso.

2.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Cuando un equipo experimenta una falla, esta genera un impacto negativo en el proceso al cual está sujeto lo que conlleva a una disminución de la producción o rendimiento. Para poder lidiar con esto, se pueden considerar dos opciones: una es el mantenimiento, y a otra es el cambio del activo. La primera intenta garantizar que el equipo siga operando mientras que a segunda opción radica en cambiar el equipo o componente por completo.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología utilizada para elaborar planes de mantenimiento. Esta es una técnica de organización de actividades y de gestión del mantenimiento para desarrollar programas centrados en la confiabilidad de los equipos, este intenta que la confiabilidad original del equipo se mantenga durante el mayor tiempo cumpliendo su función principal y los requerimientos que exija su contexto operacional.



Fuente Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad

Figura 2-1: Metodología de trabajo

Como es evidenciado en la figura 2-1 el diagrama de la metodología se puede establecer las etapas de esta y en el presente capítulo se desarrollará las directrices del FMECA que considera el análisis de modo de fallos, efecto y criticidad y además la aplicación del RCM.

2.3. APLICACIÓN DEL FMECA

El análisis de modo y efecto de fallas es una herramienta que se emplea para detectar posibles problemas en un sistema, proceso o equipo. Esta herramienta ayuda a tomar medidas para prevenir la aparición de fallas. La metodología que se presenta aquí ha servido como base para la creación del plan de mantenimiento del subsistema crítico e implica las siguientes etapas.

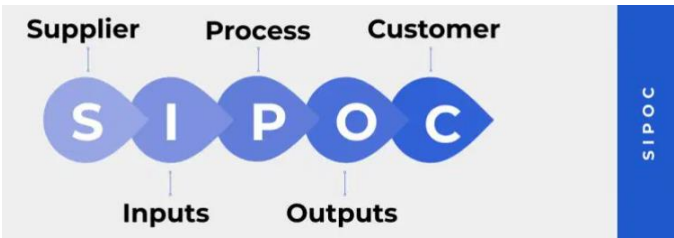
1. Definición de la intención de diseño.
2. Análisis funcional.
3. Identificación de modos de falla.
4. Efectos y consecuencias de la falla.
5. Jerarquización del riesgo.

2.4. DEFINICIÓN DE LA INTENCIÓN DE DISEÑO

En el subsistema de chasis centrándonos en dos modos específicos de falla los que son los disco de freno y las pastillas de frenos, estos al estar sometidos bajo condiciones extremas en la minera las cuales van desde humedad, barro de minerales pesados, bajas temperaturas y nieve para los movimientos subterráneos, hasta altas temperaturas y polución para las zonas de rajo abierto ya sea la estación del año por la cual estemos pasado, el proceso va de transportar 19 pasajeros dentro de la faena los cuales trabajan por turnos, es por esto que el vehículo se encuentra en movimiento los 7 días de la semana, es el gran desgaste de estos elementos y el impacto que tienen ya que se encargar de un correcto frenado del vehículos la cual va de la mano con la seguridad tanto del vehículos y sus ocupantes como de las personas y elementos que pasan por el exterior.

2.5. ANÁLISIS FUNCIONAL (SIPOC)

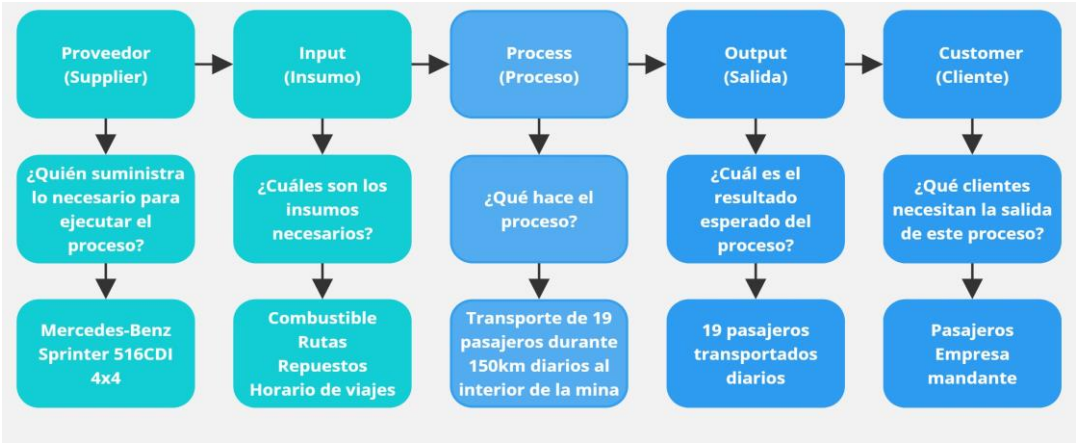
El análisis SIPOC es una herramienta utilizada en la gestión de procesos para entender y visualizar el proceso desde una perspectiva superior para así entender de manera más fácil, ya que esta ordena en serie el proceso funcional de un equipo o sistema, en te caso el bus de transporte Mercedes Benz Sprinter 516CDI.



Fuente: SIPOC Quality Gurus.

Figura 2-2: Análisis SIPOC.

- 1 Supplier (proveedor): Fuentes o entidades que proporcionan insumos o recursos necesarios para llevar a cabo el proceso. Estos proveedores son externos al proceso principal, pero tienen un impacto directo en él.
- 2 Input (entrada): Elementos, materiales o información que se utilizan como entradas en el proceso. Estos insumos son proporcionados por los proveedores y son esenciales para la ejecución del proceso.
- 3 Process (proceso): Serie de pasos o actividades que transforman los insumos en resultados o productos. Este es el núcleo del análisis y describe cómo se lleva a cabo el trabajo dentro del proceso.
- 4 Output (salida): resultados o productos generados por el proceso. Estas salidas son entregadas a los clientes o usuarios finales del proceso.
- 5 Customer (cliente): Representa a las personas o entidades que reciben las salidas del proceso. Estos clientes son externos al proceso y pueden ser internos o externos a la organización.



Fuente: Elaboración propia en base al proceso del Mercedes Benz 516CDI.

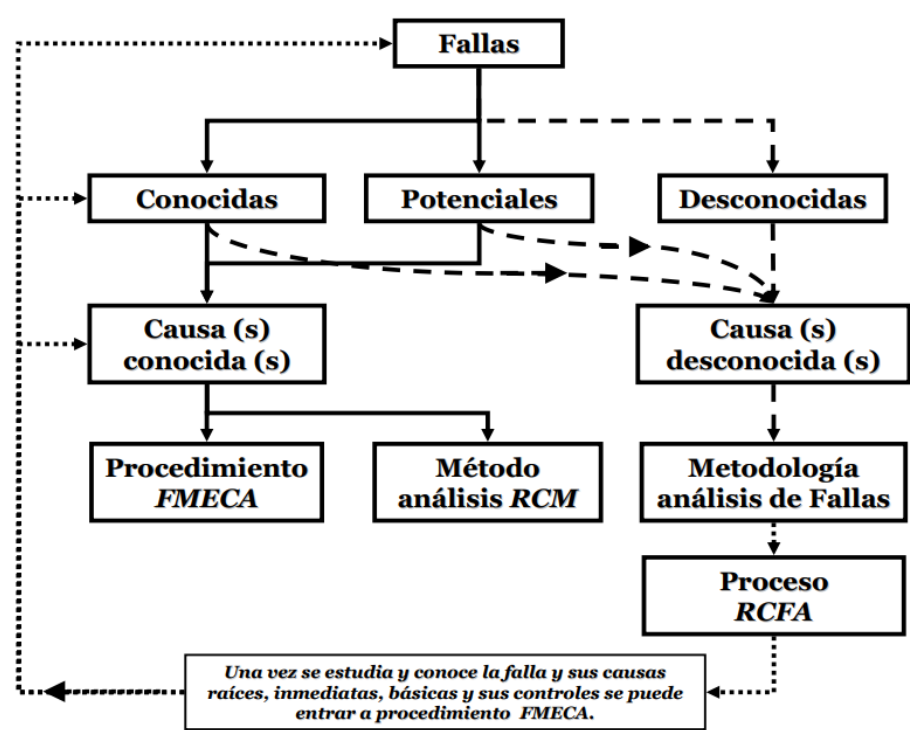
Figura 2-3: Análisis SIPOC del bus Mercedes Benz 516CDI.

2.6. COMPONENTES INVOLUCRADOS EN EL SUBSISTEMA DE CHASIS

- Motor: Cumple la función de producir y suministrar la energía requerida para activar los ejes del vehículo, permitiendo el movimiento de las ruedas.
- Neumáticos: Diseñados para sostener la carga del vehículo, absorber impactos de diferentes tipos de caminos y transferir de manera efectiva la tracción, las fuerzas par y frenado a la superficie del camino, además cumpliendo una importante función en el mantenimiento y cambio de dirección del vehículo.
- Eje delantero y trasero: Componentes que conectan las ruedas para propulsarlas y mantener su alineación.
- Transmisión: Encargado de conectar el motor con los ejes el que facilita la transferencia de potencia generada por el motor hacia las ruedas y regulando la eficiencia de potencia para lograr un rendimiento óptimo y adaptarse a diversas condiciones de la carretera.
- Amortiguadores: Cruciales para garantizar la seguridad activa del vehículo, tiene la función del resguardo tanto de los pasajeros como de los elementos del vehículo de impactos del camino. También, desempeña una importante función en el control de oscilaciones de la suspensión, ayudando a mantener la adherencia a la vía y mejorar la estabilidad, especialmente en curvas como también ayudando al confort de los pasajeros.
- Frenos de disco: Cruciales en la seguridad del vehículo cumpliendo la función de detención del vehículo o reduciendo su velocidad mediante la fricción de las pastillas con el disco de freno.

2.7. IDENTIFICACIÓN DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

Se deberá explicar conceptos clave, para poder comprender de manera total el modo en cómo falla el sistema. Además de los diferentes tipos de fallas que pueden ocurrir y las distintas maneras de poder aplicar el FMECA y RCM.



Fuente: Tesis aproximación Conceptual Aplicada De Programa Informático RCM 2014.

Figura 2-4: Aplicabilidad de FMECA y RCM

- **Falla Funcional:** Es el requerimiento del dueño o usuario que deja de ser realizado por un sistema.
- **Modo de Falla:** Es el modo en que dicho sistema deja de cumplir lo requerido para el sistema.
- **Efecto de Falla:** Es el síntoma negativo que presenta una falla en sistema.

2.7. JERARQUIZACIÓN DEL RIESGO

La jerarquización del riesgo tiene como finalidad la identificar los modos de falla que tienen un mayor impacto en el sistema.

Se usa el sistema NPR que es el “número prioritario de riesgo” que permite integrar tres conceptos cuantificables para la selección del componte más riesgoso y se enfatizará en sus modos de fallos. Este número de prioridad de riesgo es el producto matemático de la severidad, la ocurrencia y la detección, es decir; $NPR = S * O * D$

Este valor se emplea para identificar los riesgos más serios para buscar acciones correctivas.

2.7.1. Severidad

Para comenzar el análisis de riesgo es asignarle un valor a la severidad de los efectos de las fallas, éstos son evaluados en una escala del 1 al 10 donde 10: el ‘1’ indica una consecuencia sin efecto y el 10 indica una consecuencia grave. A continuación, se presenta la imagen de las tablas con los criterios de evaluación para proceso y para diseño:

Tabla 2-1: Severidad

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Critico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Critico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Fuente: Lean solutions.

2.7.2. Ocurrencia

Las causas son evaluadas en a la ocurrencia de estos, ésta se define como la

probabilidad de que una causa en particular ocurra y resulte en un modo de falla durante la vida útil esperada del activo, es decir, representa la remota probabilidad de que el cliente experimente el efecto del modo de falla.

EL valor de la ocurrencia se determina a través de las siguientes tablas, en caso de obtener valores intermedios se asume el superior inmediato, y si se desconociera totalmente la probabilidad de falla se debe asumir una ocurrencia igual a 10.

Tabla 2-2: Ocurrencia

Ocurrencia (Probabilidad de que pase)				
ASQ (American Society for Quality)				
Clasificación	Ocurrencia	Descripción	Frecuencia	Cpk (índice de capacidad real)
10	Muy Alta	La falla del proceso es casi inevitable	1 en 2	0.33
9			1 en 3	0.51
8	Alta	Procesos similares han presentado fallas	1 en 8	0.67
7			1 en 20	
6	Moderada	Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares	1 en 80	0.83
5			1 en 400	1.00
4			1 en 2,000	1.17
3	Baja	Pocas fallas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	1.33
2			1 en 150,000	1.5
1	Remota	Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	> 1.67

Fuente: Lean solutions.

2.7.3. Detección

Esta es una evaluación de las probabilidades de que los controles del proceso propuestos detecten el modo de falla, antes de que la parte o componente salga de la localidad de manufactura o ensamble.

Tabla 2-3: Detección.

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Fuente: Lean solutions.

El valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificado.

Tabla 2-4: Clasificación de los riesgos de falla

NPR	Ocurrencia	Severidad	Detección
500-1000	Alto riesgo de falla		
125-499	Riesgo medio de falla		
1-124	Riesgo de falla bajo		
0	No existe riesgo de falla		

Fuente: Lean solutions.

2.8. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA FMECA

Los resultados de esta metodología nos arrojan las fallas funcionales y el modo de fallas con que se analizó el equipo crítico. La cual gracias al conocimiento de los mecánicos de los vehículos se podrá llenar los datos necesarios para las distintas jerarquizaciones de riesgo y posteriormente obtener el NPR de cada uno de los modos de fallas para poder enfocarse en las tareas de mantenimiento que se podrán elaborar Anexo A, buscando la mejoría del sistema.

Tabla 2-5: FMECA Modos de fallo y NPR

Equipo / Sistema	Nº	Descripción de la función	Nº	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	SEV	OCU	DET	NPR
Mercedes Benz Sprinter 516CDi // <u>Subsistema de chasis</u>	1	Brindar soporte estructural, movilidad, seguridad y confort a los pasajeros durante los	1.1	Subsistema no permite al Mercedes Benz Sprinter 516CDI	Neumático Pinchado	Pérdida de control / vibración / daños a otros componentes	Deterioro del neumático / Conducción por superficies irregulares / Objetos punzantes	8	5	6	240
			1.2	el transporte de 16 pasajeros al interior de la	Neumático desgastado	Perdida de adherencia del neumático	Presión de aire incorrecta / Mal alineamiento / Sobrecarga	6	5	2	60

Tabla 2-8: Toma de decisiones (continuación)

		7 días de la semana.	1.3	faena los 7 días de la semana	Perdida de fluido hidráulico de la cremallera	Disminución de capacidad de dirección asistida	Desgaste de sellos / desgastes internos / daño en líneas hidráulicas	7	3	4	84
			1.4		Desplazamiento lateral excesivo de la cremallera de dirección	Perdida de precisión en la dirección	Fallos en rodamientos / Ajuste inadecuado en la instalación	7	2	3	42
			1.5		Corrosión en la carcasa de la cremallera de dirección	Riesgo de fallos estructurales / pérdida de integridad / funcionamiento	Exposición a condiciones climáticas extremas	9	1	6	54
			1.6		Desgaste banda de rodamientos homocinética	Vibración / Ruido durante conducción	Uso prolongado sin mantenimiento / Condiciones de conducción agresiva	5	3	3	45
			1.7		Rotura de bola o rodillo de la homocinética	Perdida de función / Bloqueo de la transmisión de potencia	Sobrecarga o impacto severo / Defectos de fabricación	8	2	2	32
			1.8		Juego en axial de dirección	Vibración durante la conducción / Perdida de precisión en la dirección / Desgaste irregular de neumáticos	Desgaste de casquillos / Desalineación de componentes / Instalación incorrecta	6	2	3	36

Tabla 2-8: Toma de decisiones (continuación)

			1.9		Desgaste de pastillas de frenos	Perdida de fricción / Menor capacidad de frenado / Riesgo de daño al rotor	Uso prolongado sin inspección / Frenado agresivo / Condiciones de conducción agresivas	9	6	4	216
			1.10		Agrietamiento o fractura de pastillas de freno	Perdida de integridad estructural / Ruido durante frenado / Riesgo de fragmentación	Sobrecalentamiento / Estrés térmico / Uso extremo	10	4	8	320
Mercedes Benz ~~Sprinter~~ 516CDi // <u>Sub sistema</u> de chasis	1	Brindar soporte estructural, movilidad, seguridad y confort a los pasajeros durante los 7 días de la semana.	1.11	Subsistema no permite al Mercedes Benz ~~Sprinter~~ 516CDI el transporte de 16 pasajeros al interior de la faena los 7 días de la semana	Cristalización o glaseado de pastillas de freno	Perdida de fricción / Ruido y vibración / Reducción de la eficiencia de frenado	Frenadas extremas seguidas de enfriamiento rápido / Uso excesivo de frenos	8	3	4	96
			1.12		Desgaste excesivo de discos de freno	Reducción de capacidad de frenado / Perdida de grosor del disco / Riesgo de sobrecalentamiento	Frenadas frecuentes / Uso prolongado / Condiciones de conducción agresiva	7	4	5	140
			1.13		Rayado o surcos en superficie del disco de freno	Desgaste irregular / Ruido y vibración durante el frenado / Menor eficiencia de frenado	Partículas abrasivas en el mecanismo / Uso prolongado en condiciones adversas	7	6	7	294

Tabla 2-8: Toma de decisiones (continuación)

			1.14		Fisuras o grietas en discos de freno	Perdida de integridad estructural / Riesgo de fractura / Reducción de eficiencia de frenado	Sobrecalentamiento / Estrés térmico / Uso extremo	10	4	7	280
			1.15		Pistón atascado en caliper de freno	Desgaste desigual en las pastillas / Frenado desigual en las ruedas / Perdida de eficiencia en el frenado	Acumulación de suciedad / corrosión o residuos / Falta de lubricación	6	4	5	120
			1.16		Dificultad de cambio de marchas en la selectora de cambios	Resistencia al cambio de marcha / Ruido durante la operación / Fatiga del conductor	Desgaste de sincronizadores / Problemas en el mecanismo de selección / Baja cantidad o calidad del lubricante	5	3	3	45
			1.17		Fuga de aceite en el amortiguador	Pérdida de capacidad / Conducción irregular / Reducción de la estabilidad y control	Desgaste de los sellos / Daño en el cuerpo del amortiguador / Fatiga de material	6	4	4	96

Tabla 2-8: Toma de decisiones (continuación)

			1.18		Desgaste de Vástago del amortiguador	Pérdida de capacidad / Ruido y vibración durante la conducción / Desgaste prematuro de otros componentes de la suspensión	Contaminación interna / Uso prolongado	6	4	4	96
			1.19		Desgaste de bujes de bandeja de dirección	Juego en la suspensión / Ruido en la conducción / Desgaste irregular de neumáticos	Uso intensivo / Contaminación / Falta de lubricación	6	4	4	96
Mercedes Benz Sprinter 516CDi // <u>Snh</u> sistema de chasis	1	Brindar soporte estructural, movilidad, seguridad y confort a los pasajeros durante los 7 días de la semana.	1.20	Subsistema no permite al Mercedes Benz Sprinter 516CDi el transporte de 16 pasajeros al interior de la faena los 7 días de la semana	Daño estructural de la bandeja de dirección	Pérdida de integridad estructural / Vibración o ruido en la <u>suspensión</u> / Riesgo de fallo súbito	Impactos severos / Uso en condiciones extremas	10	3	2	60
			1.21		Fallo en el motor de transferencia del sistema 4x4	Inmovilización del sistema 4x4 / limitación de las opciones de conducción	Desgaste de motor / Problemas eléctricos / Fallo en los componentes internos	7	3	2	42

Tabla 2-8: Toma de decisiones (continuación)

			1.22	Problemas en el enganche y desenganche del sistema 4x4	Dificultad de cambiar en los modos de tracción / Ruido durante la operación	Desgaste de componentes / Contaminación por suciedad o agua	7	3	2	42
			1.23	Falla de actuadores del sistema 4x4	Perdida de en una o más ruedas / Inestabilidad durante la conducción	Desgaste de actuadores / Problemas eléctricos / <u>Impactos o golpes</u>	6	3	5	90
			1.24	Bomba de freno con pérdida de líquido	Disminución en la presión de freno / Riesgo de fallo total en sistema de frenos	Desgaste de sellos / Daños en las juntas / Corrosión en el cilindro maestro	9	4	4	144
			1.25	Desgaste o daño en el cilindro de la bomba de freno	Perdida de presión en el sistema / Perdida de eficacia del frenado	Uso prolongado / Contaminación en líquido de frenos / Problemas en sellado del sistema	8	4	6	192
			1.26	Cavitación en el cilindro de la bomba de frenos	Vibraciones en el pedal de freno / Perdida de presión durante la frenada / Riesgo de pérdida total de frenos	Contaminación del líquido de frenos / Entrada de aire al sistema / Problemas en la válvula de entrada	9	2	6	108

Fuente: Elaboración propia.

2.9. TOMA DE DECISIONES

Para la toma de decisiones, se debe clasificar dicha falla, para posteriormente tomar una decisión centrada en la confiabilidad. Las fallas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Consecuencia de fallas ocultas:** No tiene un impacto directo con el funcionamiento, son menos visibles, pero exponen a fallas múltiples con consecuencias serias debido a la poca detección de estas.
- **Consecuencias ambientales o para la seguridad:** Puede causar daños o la muerte de personas. En ambiente se infringe alguna normativa o reglamento ambiental, tanto corporativo como a nivel regional y/o nacional.
- **Consecuencias operacionales:** Puede afectar la producción en cantidad, calidad, costos operacionales, además del costo de reparación.
- **Consecuencias no operacionales:** Cuando no afecta la seguridad ni la producción solo implica un costo indirecto de reparación menor.

Ya teniendo claro los tipos de fallo del activo, es que se debe tomar una decisión siguiendo el diagrama 2-7º árbol de decisiones, con el cual daría paso a las siguientes actividades de mantenimiento:

- **Tareas a condición:** Se refiere al mantenimiento predictivo, y principalmente son; inspecciones visuales, monitoreos (vibraciones, ultrasonido), medición de niveles de aceite en respuesta a dicha condición. Para elegir este tipo de tarea debe existir un claro síntoma de que la falla está en proceso de ocurrir. Y, además, dependiendo del resultado de este monitoreo es que se toman decisiones correctivas.
- **Tareas de reacondicionamiento cíclico:** Son asociadas al mantenimiento preventivo, independiente del estado de los componentes asociados, se deben realizar en el plazo estipulado ya sea por tiempo de uso, distancia recorrida o alguna unidad medible, ya que los plazos han de ser definidos en base a la necesidad de reacondicionamiento del componente.
- **Tareas de sustitución cíclica:** Son Actividades programadas que implican el reemplazo del componente en intervalos regulares o de tiempo. Estas se realizan para prevenir fallas o disminuciones de rendimiento debido al desgaste esta es asociada al mantenimiento preventivo.

Con los resultados obtenidos en las tablas del Anexo A, se puede concluir que, entre los componentes del subsistema de chasis, las pastillas y discos de freno son el componente más crítico, encontrando enellos los modos de fallo con la criticidad más alta (tabla 2-8)

Tabla 2-6: Hoja de decisión RCM

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M													AREA						
													ELEMENTO						
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 H2 H3			Tareas "a falta de"				Tarea propuesta	Frecuencia inicial	A realizarse por			
							S1 S2 S3												
							O1 O2 O3												
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4							

Fuente: Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (R.C.M) en **La Edar de Nules-Vilavella**.

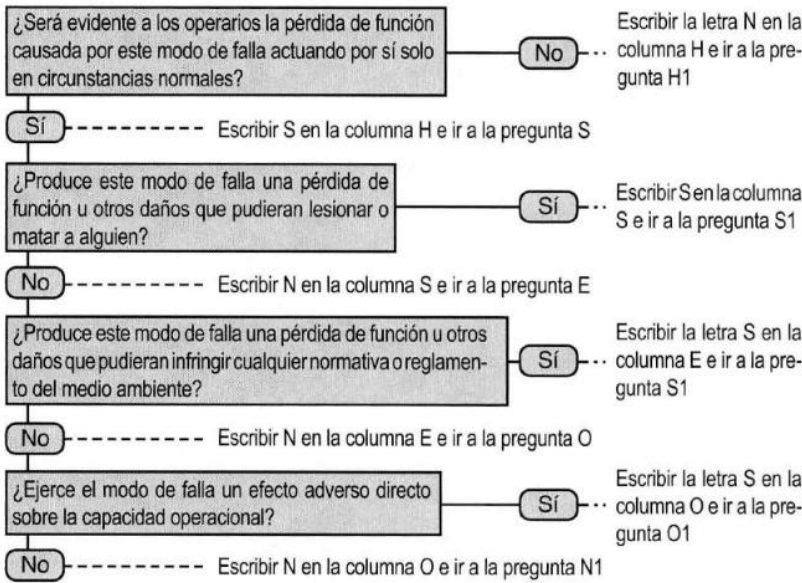
La hoja de decisiones se compone de diferentes partes, las que son: F (función), FF (falla funcional) y FM (modo de falla) se utilizan para describir la referencia de información técnica que debesatisfacer el equipo, definir la pérdida de la función y plantear la causa de la falla.

Las siguientes columnas hacen referencia a las preguntas del diagrama de decisiones (Figura 2-5). De tal manera que las columnas H, S, E, O y N son usadas para registrarla respuesta de las preguntas de las consecuencias de los modos de falla.

Las siguientes columnas H1, H2, H3, etc. Señalan si ha sido seleccionada una tarea proactiva, de ser así, se registra que tipo de tarea, si se es necesario responder a alguna de las preguntas “a falta de”, las columnas H4, H5, o la S4 son las que registran esas respuestas y las últimas columnas son para registrar la tarea seleccionada o el rediseño según sea el caso, la frecuencia con la que se debe hacer, y quien es el encargado de ejecutar dicha labor.

Para evaluar las consecuencias de fallas se relacionan cada una de las preguntas del diagrama de con cada una de las siglas H, S, E y O, registran en la hoja de decisiones

dando respuesta a las preguntas con una “S” si es Si y con una “N” si es No, de acuerdo con lo planteado por el diagrama de decisiones. En la Figura 2-6 y tabla 2-7 se presenta el cómo responder según sea el requerimiento.



Fuente: Libro RCM II Jhon Moubray.

Figura 2-6: Registro consecuencias de fallas en hoja de decisión.

Tabla 2-7: Registro consecuencias de fallas en hoja de decisión

Referencia de información			Evaluación de consecuencias				
F	FF	FM	H	S	E	O	
3	A	1	N				Una falla oculta: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
5	B	2	S	S			Consecuencias para la seguridad: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
2	C	4	S	N	S		Consecuencias para el medio ambiente: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
1	A	5	S	N	N	S	Consecuencias operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un período de tiempo debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación de la falla que pretende prevenir
1	B	3	S	N	N	N	Consecuencias No-operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un período de tiempo debe costar menos que el costo de la reparación de las fallas que pretende prevenir

Fuente: Libro RCM II Jhon Moubray.

Las tareas de mantenimiento que se representan son ~~en~~ de la siguiente manera:

- Columna H1, S1, O1, N1: En ella se responde si se encuentra una tarea a condición apropiada para anteponerse al modo de falla y así evitar consecuencias.
- Columna H2, S2, O2, N2: Se registra si fue encontrada una tarea de reacondicionamiento programado para prevenir fallas.
- Columna H3, S3, O3, N3: En ella se registra si se encontró una tarea de sustitución cíclica para prevenir fallas, si se es requerido.

Las tareas adecuadas siempre y cuando vaga la pena asumir el riesgo de realizarlas y si es factible del punto de vista técnico. Para determinar si una tarea técnicamente factible se debe responder afirmativamente a cada una de las preguntas planteadas y cumplir con el criterio de que, SI “merece llevar a cabo dicho evento”, si la respuesta es NO se rechaza la opción de dicha tarea. Si se elige una tarea, es necesario anotar la descripción de esta y la frecuencia con la que se realizara.

Las columnas (H4, H5 y S4) corresponde a las preguntas “a falta de”, en ella se registran las respuestas de tales preguntas siempre y cuando las respuestas de las tareas proactivas hayan sido todas negativas.

Las columnas finales de detalle de las tareas propuestas, intervalos de tiempo y encargado de realizar la tarea son respondidas de acuerdo con la toma de decisiones.

Tabla 2-8: Toma de decisiones

Hoja de decisiones RCM										Sistema		Mercedes-Benz 516CDI						
										Subsistema		Chasis						
Referencia de informacion		Evaluacion de las consecuencias					H1	H2	H3	Tarea "a falta de"			Tarea Propuesta			Frecuencia inicial	A Realizarse por	
							S1	S2	S3									
							O1	O2	O3									
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
1	1	1.1	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion regular a neumaticos.			Diario	Vulcanizador	
1	1	1.2	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Monitorero continuo de desgaste, inspeccion visual periodica y optimizacion de presion de neumaticos.			Semanal	Vulcanizador	
1	1	1.3	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Monitoreo continuo a nivel del fluido, inspeccion visual, deteccion de fugas y reparacion inmediata de fugas.			Semanal	Mecanico	
1	1	1.4	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Monitoreo continuo a desplazamiento, Inspeccion visual, Pruebas de conduccion y reemplazo de componente desgastado, alineacion y calibracion de cremallera.			Semanal	Mecanico	
1	1	1.5	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion visual, Proteccion anticorrosiva, Pruebas de resistencia estructural.			Semanal	Mecanico	
1	1	1.6	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion visual, monitoreo continuo de desgaste y aplicacion de proteccion anticorrosiva.			Semanal	Mecanico	
1	1	1.7	S	N	N	S	S	N	N	S	-	-	-	Tarea de sustitucion ciclica: Reemplazo de homocinetica, programar sustitucion.			Falla	Mecanico
1	1	1.8	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea de reacondicionamiento ciclico: Reemplazo de componentes, programar ajustes periodicos e inspeccion visual de desgaste.			Falla	Mecanico	
1	1	1.9	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion visual y monitoreo continuo de espesor, reemplazo oportuno.			Semanal	Mecanico	
1	1	1.10	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion visual y reemplazo, y monitoreo continuo de rendimineto, reemplazo inmediato ante signos de falla.			Semanal	Mecanico	
1	1	1.11	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion visual y reemplazo, y Monitoreo de temperatura, inspeccion visual de superficies y reemplazo oportuno ante cristalizacion.			Semanal	Mecanico	
1	1	1.12	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y reemplazo, monitoreo continuo de desgaste, y reemplazo oportuno de discos.			Semanal	Mecanico	
1	1	1.13	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y reemplazo, medicion, monitoreo continuo de ruido y reemplazo oportuno.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.14	S	S	N	N	N	N	S	-	-	-	Tarea de sustitucion ciclica: Reemplazo preventivo, Inspeccion detalladas periodicas, monitoreo continuo de temperaturas y reemplazo preventivo cada 50.000 km.			Falla	Mecanico	
1	1	1.15	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y mantenimiento, Inspeccion visual, lubricacion y mantenimiento preventivo, reemplazo de piston atascado.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.16	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Ajuste y lubricacion, Inspeccion visual de funcionamiento, ajuste y lubricacion preventiva, reeparacion o reemplazo según necesidad.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.17	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y reparacion, Inspeccion visual de funcionamiento, reparacion de fugas detectadas, mantenimiento preventivo de sellos y componentes.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.18	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y reemplazo, inspeccion visual de funcionamiento, medicion de desgaste, reemplazo oportuno de vastago.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.19	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y reemplazo, Inspeccion visual y juego de direccion, medicion de bujes, reemplazo preventivo de bujes.			Semestral	Mecanico	
1	1	1.20	N	-	-	-	-	S	-	-	-	-	Tarea de sustitucion ciclica: Inspeccion y reemplazo, Inspeccion visual de integridad estructural, monitoreo de desgaste, reemplazo preventivo cada 60.000km.			Falla	Mecanico	
1	1	1.21	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y reparacion, Inspeccion visual de funcionamiento, monitoreo de rendimiento, reparacion inmediata ante problemas detectados.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.22	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y ajuste, inspeccion visual de funcionamiento, ajuste preventivo y lubricacion, reparacion inmediata de problemas detectados.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.23	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Diagnostico y reparacion, sistema de diagnostico regular, reparacion inmediata de actuadores defectuosos, mantenimiento preventivo a actuadores.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.24	S	S	-	-	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y reparacion, inspeccion visual y de presion, deteccion temprana de fugas, reparacion inmediata de fugas detectadas.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.25	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Inspeccion y reemplazo, inspeccion visual y de funcionamiento, deteccion de signos de desgaste, reemplazo preventivo del cilindro desgastado.			Mensual	Mecanico	
1	1	1.26	S	N	N	S	S	N	N	-	-	-	Tarea a condicion: Monitoreo y mantenimiento preventivo, monitoreo continuo de presion, inspeccion visual del cilindro, mantenimiento preventivo.			Mensual	Mecanico	

Fuente: Elaboración propia basada en tabla 2-6.

**CAPÍTULO 3: ELABORACIÓN DE PAUTA DE MANTENIMIENTO Y
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA**

3. **ELABORACIÓN DE PAUTA DE MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA**

3.1. **ELABORACIÓN DE PAUTA DE TRABAJO**

La creación de una guía de trabajo es esencial para garantizar la calidad y el control de las tareas de mantenimiento. Para asegurar la calidad de las tareas de mantenimiento y su trazabilidad son de suma importancia contar con una pauta de trabajo, es por esto que al realizar cualquier tarea de mantenimiento se procederá a generar un documento extra en donde se deberá especificar todo el proceso realizados, los trabajadores involucrados en la tarea realizada, los insumos y repuestos a utilizar, como también los costos totales y tiempos para realizar las tareas de mantenimiento, igualmente en este documento extra que llevará el nombre de “Análisis global de activos (GMA)” se deberá identificar un responsable el cual será el encargado de pasar toda la información obtenida a la plataforma Fractal, para así tener un manejo inmediato y más accesible para todo el personal de la empresa en caso de que este sea solicitado en futuras mantenciones y poder contar con un historial de mantenimiento.

3.2. **ANÁLISIS GLOBAL DE ACTIVOS (GMA)**

Para elaborar el documento GMA (Anexo B), se utilizó como respaldo la ficha de mantenimiento del modelo Mercedes Benz 516CDI de Kaufmann. Esta ficha detalla de manera exhaustiva las tareas de mantenimiento que deben llevarse a cabo y los intervalos de tiempo recomendados por el fabricante. El objetivo es garantizar una vida útil prolongada del equipo. La implementación de esta guía de trabajo GMA tiene como propósito proporcionar a los empleados de la empresa una pauta específica de mantenimiento, adaptada a las condiciones laborales y ubicación geográfica de cada equipo. Actualmente, la empresa de transporte de pasajeros carece de un documento de mantenimiento específico para cada equipo en función de su ubicación, ya que sigue procedimientos generales de mantenimiento. Esto plantea preocupaciones sobre la fiabilidad de los equipos, dado que las condiciones de trabajo varían significativamente entre ellos.

3.3. MÉTODO DE TRABAJO PAUTA GMA

A continuación, se expondrá una explicación del procedimiento operativo de esta directriz de trabajo y la manera adecuada de llevar a cabo su aplicación, tomando en cuenta las condiciones que se deben tener durante el proceso.

Tabla 3-1: Pauta análisis global de activos

Análisis global de activos:		Mantenimiento Mercedes Benz Sprinter 516CDI			
Fecha:		Faena		Hora inicio:	
Encargado:		Patente:		Hora Termino:	
Kilometraje del vehículo:					

Fuente: Elaboración propia.

La fase inicial de la pauta de mantenimiento MGA involucra la incorporación de información esencial para dar inicio al proceso de mantenimiento. Esto incluye la identificación del trabajo a realizar, la fecha de ejecución, la persona responsable de completar la guía (no necesariamente la misma que realiza las labores de mantenimiento), el vehículo sujeto a mantenimiento (indicando su número de patente), el lugar específico donde el vehículo desempeña sus funciones, el kilometraje actual del vehículo, así como la hora de inicio y finalización del procedimiento de mantenimiento.

Se elaboran tres tablas distintas diseñadas para facilitar la ejecución de diversas actividades de mantenimiento. Dentro de estas, se incluyen los siguientes elementos:

- 1) Intervalos de mantenimiento:

Tabla 3-2: Pauta análisis global de activos

Intervalos de mantenimiento x 1000(Km)																																		
Operación	SM1	SM1	SM2	SM1	SM1	SM3	SM1	SM1	SM2	SM1	SM1	SM3	SM1	SM4	SM1	SM1	SM3	SM1	SM1	SM2	SM1	SM1	SM3	SM1	SM1	SM2	SM1	SM1	SM3	SM1	SM1	SM4		
Severa	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	
Mixta	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla muestra el intervalo de mantenimiento que debe realizarse según el kilometraje que posea el vehículo y así poder identificar a qué tipo de intervalo de mantenimiento se deben realizar las tareas todo esto según el tipo de operación que esté realizando el vehículo dependerá su frecuencia en kilómetros se observa el tipo de mantenimiento ofrecido por Kaufmann el cual corresponden a los SM1, SM2, SM3 y SM4 explicados anteriormente como también el tipo de operación bajo la cual se desempeña el vehículo esto haciendo referencia a las condiciones del terreno y manejo a las cual serán sometidas, que serán: Normal para carretera, Severa para Caminos de tierra con gran dificultad de tránsito como la que encontramos en las minas y mixta cuando el transito sea en ambas condiciones.

2) Servicios adicionales:

Tabla 3-3: Pauta análisis global de activos

Sigla	Tipo de trabajo
ADD1	Servicion adicional cada 1 año
ADD2	Servicion adicional cada 2 año
ADD3	Servicion adicional cada 3 año

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla guarda similitud con la anterior, aunque con la única distinción de que ahora proporciona información en términos de años en lugar de kilómetros. Como se aprecia en la primera columna, se presenta la abreviatura correspondiente al tipo de intervalo de mantenimiento (ADD1-ADD2-ADD3). En la segunda columna, se especifica el servicio a realizar, que puede ser programado cada 1 año, cada 2 años o cada 3 años, dependiendo de los requisitos del mantenimiento correspondiente.

3) Tipo de cargo:

Tabla 3-4: Pauta análisis global de activos

Cargo	Supervisor	Mecánico	Electrico	Electronico	Otro
Codigo	1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia.

En la primera fila de esta tabla se detallan los roles, como Supervisor, Mecánico, Eléctrico u otro, mientras que en la segunda fila se asigna un código, ya sea 1-2-3-4-5, que corresponde al cargo del trabajador encargado de llevar a cabo una tarea de mantenimiento específica.

La segunda sección de la guía GMA se centra en la ejecución de las tareas de mantenimiento. Para lograr esto, se procederá a desglosar el proceso de mantenimiento en cinco tablas distintas. Cada tabla aborda un sistema específico del autobús Mercedes Benz 516CDI, detallando las tareas a realizar en función del kilometraje actual del vehículo según lo indicado en las tablas 3-2 y 3-3.

Para explicar cómo trabaja la segunda etapa de la pauta de mantenimiento GMA. Para esto se tomará como ejemplos el sistema de frenos de discos.

Frenos:

Tabla 3-5: Pauta análisis global de activos, tareas de frenos a realizar

N°	Trabajo a realizar	Tipo de mantenimiento	Cargo	Firma de responsable	Comentarios
1	Inspección visual a pastillas de freno	SM1/SM2	2		
2	Reemplazo de pastillas de freno	SM1/SM2	2		
3	Monitoreo de rendimiento de frenado	SM1/SM2/SM3/SM4	2		
4	Monitoreo de espesor de disco de freno	SM1/SM2/SM3/SM4	2		
5	Lubricación y mantenimiento preventivo a calipers de frenos	SM2/SM3/SM4	2		
6	Comprobación de presión de bomba de frenos	SM2/SM3/SM4	2		
7	Cambio de líquido de frenos	SM4	2		

Fuente: Elaboración propia.

Para tener una mejor comprensión de la tabla que estamos utilizando, se procederá a explicar sus elementos que pueden ser más difíciles de entender, que son los siguientes:

Número:

Tabla 3-6: Pauta análisis global de activos extracto trabajos a realizar



N°	Trabajo a realizar
1	Inspeccion visual a pastillas de freno
2	Reemplazo de pastillas de freno
3	Monitoreo de rendimiento de frenado
4	Monitoreo de espesor de disco de freno
5	Lubricacion y mantenimiento preventivo a calipers de frenos
6	Comprobacion de presion de bomba de frenos
7	Cambio de liquido de frenos

Fuente: Elaboración propia.

En esta expresa la numeración de las distintas tareas a realizar y así logrando tener una mejor identificación de cada una de estas.

Trabajo a realizar y cargo:

Tabla 3-7: Pauta análisis global de activos extracto trabajos a realizar y cargos

Trabajo a realizar	Cargo
Inspeccion visual a pastillas de freno	2
Reemplazo de pastillas de freno	2
Monitoreo de rendimiento de frenado	2
Monitoreo de espesor de disco de freno	2
Lubricacion y mantenimiento preventivo a calipers de frenos	2
Comprobacion de presion de bomba de frenos	2
Cambio de liquido de frenos	2

Fuente: Elaboración propia.

En esta columna se expresa de manera simple la tarea a realizar según el mantenimiento que este establecido por la pauta de Kaufmann. En la columna del costado se encuentra el cargo de la persona que debe realizar la tarea de mantenimiento según la Tabla 3-4.

Tipo de mantenimiento:

Tabla 3-8: Pauta análisis global de activos extracto tipos de mantenimiento.

Tipo de mantenimiento
SM1/SM2
SM1/SM2
SM1/SM2/SM3/S M4
SM1/SM2/SM3/S M4
SM2/SM3/SM4
SM2/SM3/SM4
SM4

Fuente: Elaboración propia.

Se expresa el tipo de mantenimiento que se debe realizar según los kilómetros que haya recorrido el vehículo según la pauta de Kaufmann. Los que se identifican por SM1-SM2-SM3-SM4 los que abordan diferentes acciones las que son las siguientes:

Tabla 3-9: Tipos de mantenimiento Kaufmann Sprinter chasis 907

Servicio	Posición Trabajo	Descripción
SM1		Realizar test de entrada (Star Diagnosis).
		Servicio de aceite, cambio de aceite de motor y filtro.
		Renovar filtro tamiz.
		Cambiar filtros de polvo.
		Revisar niveles de los fluidos.
		Desaguar filtro de combustible.
		Comprobar el funcionamiento de los frenos de servicio y estacionamiento.
		Comprobar estado de los neumáticos y restablecer su presión.
		Comprobar estado y funcionamiento de los cinturones de seguridad.
		Realizar test de salida (Star Diagnosis).
SM2		Controlar el recorrido de la palanca del freno de estacionamiento.
		Comprobar el estado de los fuelles de la suspensión neumática.
		Realizar test de entrada (Star Diagnosis).
		Servicio de aceite, cambio de aceite de motor y filtro.
		Renovar filtro de combustible.
		Renovar filtro tamiz.
		Cambiar filtros de polvo.
		Revisar niveles de los fluidos.
		Operaciones de comprobación de estado y estanqueidad.
		Operaciones de comprobación y control de chasis y carrocería.
		Realizar test de salida (Star Diagnosis).
		Renovar filtro de aire si es necesario.
		Renovar aceite de transmisión automática
		Renovar aceite de caja de transferencia y eje delantero (4x4)
		Comprobar estado, funcionamiento y además lubricar enganche para remolque.
SM3		Lubricar bisagras de las puertas traseras.
		Comprobar estado y estanqueidad de la bomba de servodirección y eje delantero.
		Controlar el recorrido de la palanca del freno de estacionamiento.
		Comprobar el estado de los fuelles de la suspensión neumática.
		Realizar test de entrada (Star Diagnosis).
		Servicio de aceite, cambio de aceite de motor y filtro.
		Renovar filtro de combustible.
		Renovar filtro tamiz.
		Cambiar filtros de polvo.
		Revisar niveles de los fluidos.
SM4		Operaciones de comprobación de estado y estanqueidad
		Operaciones de comprobación y control de chasis y carrocería
		Realizar test de salida (Star Diagnosis).
		Renovar filtro de aire si es necesario.
		Comprobar estado, funcionamiento y además lubricar enganche para remolque.
		Lubricar bisagras de las puertas traseras.
		Comprobar estado y estanqueidad de la bomba de servodirección y eje delantero.
		Controlar el recorrido de la palanca del freno de estacionamiento.
		Comprobar el estado de los fuelles de la suspensión neumática.
		Realizar test de entrada (Star Diagnosis).
		Servicio de aceite, cambio de aceite de motor y filtro.
		Renovar líquido refrigerante de motor.
		Renovar aceite del eje trasero.
		Renovar el líquido del sistema hidráulico de frenos.
		Renovar filtro de combustible.

Fuente: Programa de mantenimiento Kaufmann Sprinter 516CDI.

Firma y comentarios:

Tabla 3-10: Pauta análisis global de activos extracto firmas y comentarios

Firma de responsable	Comentarios

Fuente: Elaboración propia.

Las últimas dos columnas de la tabla son la firma del responsable que realizo las tareas de mantenimiento y en la columna de comentarios se encuentra cualquier comentario realizado por el responsable que pueda brindar un mejor entendimiento de los realizado o alguna inquietud que este pueda haber presentado durante la labor.

La siguiente parte de la pauta GMA, se registran los costos de los insumos y repuestos necesarios para realizar las diferentes tareas de mantenimiento, así como los gastos en mano de obra para cada tarea. A continuación, se explica cómo completar esta sección.

Materiales:

Tabla 3-11: Pauta Análisis global de activos, materiales.

Nº	Material	Cantidad	Utilizado en	Valor \$	Firma del responsable	Comentarios
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Fuente: Elaboración propia.

Mano de obra:

Tabla 3-12: Pauta Análisis global de activos, Mano de obra

N°	Cargo	Cantidad	Utilizado en	Valor H/H \$	Firma del responsable	Comentarios
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Fuente: Elaboración propia.

3.4. EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA

Continuando con la evaluación económica, se utiliza el mini bus Mercedes Benz Sprinter 516CDI para desarrollar la pauta GMA. Esta se basará en el subsistema más crítico y sus modos de falla, los cuales obtuvimos mediante el diagrama Jack Knife del capítulo 1 y el FMECA del capítulo 2.

La comparación de costos se llevará acabo entre la mantención general actual y la propuesta en este trabajo. La mantención propuesta incorpora nuevas tareas con el objetivo de mitigar la ocurrencia de estas fallas y generar una disminución de los costos.

3.5. GASTOS ASOCIADOS A LOS EQUIPOS

Para cuantificar los gastos asociados al proceso, es necesario determinar el impacto económico que tiene el proceso a nivel general, considerando para esto todos los valores anuales.

Para establecer los costos, se deben considerar los siguientes factores: valor de mano de obra (H/H), y el valor de los repuestos y materiales que son usados, todos estos expresados en pesos chilenos y dólares.

Para nuestro caso se exponen los costos de un lapso de cuatro meses para la flota de vehículos danto el valor total en conversión a dólares según el mes de abril con un valor de \$948.50 CLP el dólar USD.

Tabla 3-13: Gasto de repuestos e insumos de los 42 vehículos durante 4 meses

N°	Mercedes-Benz 516CDI			
	Repuestos e insumos	Cantidad	Valor unitario [\$]	Valor Total [\$]
1	NEUMATICO DIRECCIONAL MIXTO 205/R16 SL366/ GOODRIDE/110/108Q	20	\$ 153	\$ 3.067
2	NEUMATICO MIXTO 205/75R16 GOODRIDE	36	\$ 76	\$ 2.733
3	HOMOCINETICA 906.330.02.01 35-540	7	\$ 272	\$ 1.907
4	KIT P/SERVICIO DE HOMOCINETICA 6 PZAS(904T8)/6399495	1	\$ 93	\$ 93
5	LEMFOR AXIAL 515 / MERCEDES BENZ / SPRINTER	3	\$ 53	\$ 160
6	PASTILLA DE FRENO A9074239700 MB	36	\$ 106	\$ 3.814
7	DISCO FRENO DELANTERO(90642100129/TRW/SPRINTER	11	\$ 43	\$ 477
8	DISCO DE FRENO POSTERIOR SPRINTER	13	\$ 129	\$ 1.682
9	CALIPER TRASERO LH/SPRINTER516	6	\$ 344	\$ 2.066
10	KIT DE REPARACION CALIPER TRASERO VENT.(TS PERNO)/SPRINTER515	1	\$ 31	\$ 31
11	AMORTIGUADOR DELANTERO/SPRINTER	2	\$ 116	\$ 233
12	BRAZO TRANSVERSAL RH/SPRINTER 515	2	\$ 186	\$ 372
13	CILINDRO PRINCIPAL DE FRENO TS / MERCEDEZ BENZ / SPRINTER 515	2	\$ 67	\$ 133
14	SERVO FRENO	1	\$ 730	\$ 730
15	MASA TRASERA IZQUIERDA SPRINTER 516	2	\$ 506	\$ 1.011
16	BALATAS TRAS SPRINTER 515-516 ROD DOBLE	3	\$ 32	\$ 95
17	TENSOR CORREA MERCEDES BENZ	2	\$ 74	\$ 147
18	CORREA TRAPEZOIDAL 2X13X1735MM / MERCEDES BENZ	2	\$ 54	\$ 108
20	ELEMENTO FILTRO AIRE MB / MERCEDES BENZ	9	\$ 11	\$ 100
			Total	\$ 18.961

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1. Costo mano de obra

Para llevar a cabo el proyecto, debemos tener dos equipos de trabajo ya que en la modalidad de trabajo que tiene la minera El Teniente de Rancagua se trabaja 7 días por turno, cada equipo consta de 1 supervisor principal el que debe tener un buen conocimiento de los equipos que están operando y así estar familiarizado con los modos de falla más comunes que pueden aparecer durante el turno, además este deberá guiar a los demás técnicos para lograr realizar un mantenimiento de manera eficiente.

Junto con este debemos tener un encargado de oficina técnica el que se encargara de supervisar que se estén cumpliendo las actividades de mantenimiento en las fechas correspondiente, desarrollar o programar algún mantenimiento preventivo, gestionar los insumos y repuestos, como también capacitar a los técnicos que se encargaran de las actividades de mantenimiento de forma segura y eficaz.

Culminando con tres técnicos en mantenimiento mecánico los que pueden venir de distintas áreas que podrían ser mecánicos automotrices, eléctricos o electrónicos, para así tener un equipo que pueda cumplir con cada una de las actividades que puedan ocurrir.

El sueldo anual del personal encargado del mantenimiento será el siguiente:

Tabla 3-14: Gasto mano de obra anual

Personal	Cantidad	Sueldo mensual [\$]	Sueldo diario [\$]	H/H [\$]
Turno 7 por 7				
Supervisor A	1	\$ 1.265	\$ 41	\$ 4
Encargado Of.Tecnica A	1	\$ 1.044	\$ 34	\$ 3
Tecnicos mantenedores A	3	\$ 822	\$ 27	\$ 3
Supervisor B	1	\$ 1.265	\$ 41	\$ 4
Encargado Of.Tecnica B	1	\$ 1.044	\$ 34	\$ 3
Tecnicos mantenedores B	3	\$ 822	\$ 27	\$ 3
Turno 5 por 2				
Encargado de bodega	1	\$ 717	\$ 23	\$ 2
Total de equipo	11	\$ 6.979		
Total Anual [\$]		\$ 83.753		

Fuente: Elaboración propia.

3.6. PLANIFICACIÓN EN PROCESO

Exhibiendo los costos vinculados al mantenimiento posibilita la cuantificación de cada una de las tareas programadas. En este sentido se llevará a cabo una comparación entre el actual plan de mantenimiento implementado por la empresa y la propuesta de este proyecto utilizando el subsistema más crítico que son el chasis y sus componentes.

3.6.1. Planificación actual

La metodología que se trabaja es la programada por el proveedor de los vehículos

en este caso la empresa Kaufmann, la que tiene sus tipos de mantenimientos Anexo C, SM1 cada 20.000 Km, SM2 cada 30.000 Km, SM3 cada 60.000 Km y SM4 cada 150.000 Km con las actividades especificadas en la Tabla 3-9.

3.7. COSTOS DE PLANIFICACIÓN ACTUAL

El análisis de costos se llevará a cabo considerando los costos totales del mantenimiento y los costos unitarios de las horas de trabajo necesarias para la ejecución de la tarea. Esta información será respaldada por la Tabla 3-10 que detalla aproximadamente los gastos trimestrales asociado a cada uno de los 42 equipos, se examinaran en detalle los costos en horas hombre de los trabajadores. Este enfoque permitirá evaluar el aumento de horas necesarias para la implementación de las nuevas tareas de mantenimiento destinadas a la reparación del sistema más crítico y centrándonos en los modos de fallas más riesgosos según lo obtenido en el capítulo dos con el diagrama NPR.

Tabla 3-15: Gasto mantención aproximado

N°	Patente	N° Vehículo	Repuesto	Cantidad	Valor	Valor Total [\$]	Involucrados	Cargo	Tiempo de trabajo	Valor H/H [\$]	H/H Total [\$]	Firma Responsable	Comentario
1	SGKY24	960	NEUMATICO DIRECCIONAL MIXTO205/R16/GOODRIDE	6	\$153	\$ 918	1	2	3	\$ 3	\$ 8		
2	SJW75	965	PASTILLA DE FRENO	4	\$106	\$ 424	2	2	2	\$ 3	\$ 11		
4	RYHC79	954	DISCO DE FRENO POSTERIOR SPRINTER	4	\$129	\$ 517	2	2	4	\$ 3	\$ 21		
6													
7													
8													
Valor total Repuestos						\$ 1.859	Valor total horas hombre				\$ 40		
Valor total		\$ 1.899											

Fuente: Elaboración propia.

Se considera que las tareas realizadas son dentro de un turno de 7 días dándonos un valor total de **\$1.899 Dólares** dentro de esto está el mantenimiento programado actualmente para los componentes de pastillas de freno y neumáticos el cual es realizado cada 20.000 Km y el de disco de freno programado cada 60.000 Km, como se puede apreciar esto se deberían realizar 3 veces al año para las pastillas y 1 vez para el disco de freno lo que nos debería dar los siguientes costos en el caso de estos componentes para la flota de 42 vehículos:

Tabla 3-16: Gasto anual del proyecto

Costo del proyecto			
Costo insumos	Valor repuestos	Valor total anual por vehiculo	Valor total 42 vehiculos
	\$ 1.859	\$ 4.543	\$ 190.826
Costo mano de obra	Valor horas hom	Valor total anual por vehiculo	Valor total 42 vehiculos
	\$ 40	\$ 77	\$ 3.231
Costo total			\$ 194.057

Fuente: Elaboración propia.

3.8. COSTOS DE LA NUEVA PLANIFICACIÓN

Se procederá a implementar nuevas tareas para la pauta GMA como el subsistema de chasis con la finalidad de disminuir la ocurrencia de fallas que puedan dejar inhabilitado el vehículo en los modos vistos con anterioridad a través de mantenimiento preventivo programa para aumentar la vida útil de los componentes junto con que al estar estos estrechamente relacionados pueden desatar un efecto en cadena afectando al otro en el proceso. Actualmente la duración de los neumáticos y de las pastillas de freno es de 20.000 Km (4 meses) mientras que los discos de freno se cambian cada 60.000 Km (1 vez al año).

La finalidad de implementar nuevas tareas de mantenimiento preventivo es que al realizar estas acciones podamos extender la vida útil de cada uno de estos elementos para así poder evitar el desgaste que estos tiene debido a las difíciles condiciones de trabajo a la que se enfrentan estas se realizaran cada 1.250 Km (Semanal) Para neumáticos y pastillas de freno mientras que para los discos será cada 5.000 Km (Mensual). A continuación, se presentarán las nuevas tareas de mantenimiento y con esto la prefactibilidad económica al llevar a cabo estas en comparación con la planificación actual de la empresa.

Tabla 3-17: Nuevas tareas de mantenimiento

N°	Trabajo a realizar	Tipo de mantenimiento	Cargo	Firma de responsable	Comentarios
10	Inspeccion visual a discos de freno	SM1/SM2	2		
11	Inspeccion visual a pastillas de freno	SM1/SM2	2		
12	Monitoreo de rendimiento de frenado	SM1/SM2/SM3/SM4	2		
13	Monitoreo de espesor de disco de freno	SM1/SM2/SM3/SM4	2		
14	Comprobar presion de neumaticos	SM1/SM2/SM3	2		
15	Controlar nivel de liquido de frenos	SM4	2		

Fuente: Elaboración propia.

En esta paula logramos observar las nuevas tareas de mantenimiento a partir del análisis realizado. Todo esto con la finalidad de alargar su vida útil y disminuir los costos de mantenimiento como lo vimos con anterioridad al aumentar los kilómetros que podrá operar, esto gracias al aumento de mantenimiento preventivo, un kilometraje esperado de 5.000 Km para las pastillas y neumáticos dando un total de 25.000 Km (5 meses) y 70.000 Km (1 año y 2 meses) para los discos de freno. A continuación, expondremos la disminución de costos hablado anteriormente:

Tabla 3-18: Resumen costos nuevas tareas de mantenimiento

N°	Patente	N° Vehiculo	Repuesto	Cantidad	Valor	Valor Total [\$]	Involucrados	Cargo	Tiempo de trabajo	Valor H/H [\$]	H/H Total [\$]	Firma Responsable	Comentario
1	SGKY24	960	NEUMATICO DIRECCIONAL MIXTO205/R16/GOODRIDE	6	\$ 153	\$ 918	1	2	3	\$ 3	\$ 8		
2	SJWT75	965	PASTILLA DE FRENO	4	\$ 106	\$ 424	2	2	2	\$ 3	\$ 11		
3	RYHC79	954	DISCO DE FRENO POSTERIOR SPRINTER	4	\$ 129	\$ 517	2	2	4	\$ 3	\$ 21		
10							1	2	0,25	\$ 3	\$ 1		Inspeccion visual a discos de freno
11							1	2	0,25	\$ 3	\$ 1		Inspeccion visual a pastillas de freno
12							1	2	0,25	\$ 3	\$ 1		Monitoreo de rendimiento de frenado
13							1	2	0,25	\$ 3	\$ 1		Monitoreo de espesor de disco de freno
14							1	2	0,25	\$ 3	\$ 1		Comprobar presion de neumaticos
15							1	2	0,25	\$ 3	\$ 1		Controlar nivel de liquido de frenos
Valor total Repuestos						\$ 1.859	Valor total horas hombre				\$ 44		
Valor total		\$ 1.903											

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-19: Resumen costos total del nuevo proyecto

Costo del proyecto			
Costo insumos	Valor repuestos	Valor total anual por vehiculo	Valor total 42 vehiculos
	\$ 1.859	\$ 3.825	\$ 160.630
Costo mano de obra	Valor horas hombre	Valor total anual por vehiculo	Valor total 42 vehiculos
	\$ 44	\$ 16	\$ 665
Costo planificación del proyecto			\$ 2.500
Costo total			\$ 163.794

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de del mantenimiento en la nueva propuesta disminuyen considerablemente al extender la vida útil de los componentes, aunque el costo de mano de obra aumente, el de repuesto e insumos es mucho menor en comparación al plan actual.

3.9. IMPACTO DE LA NUEVA PROPUESTA

Como último punto, es esencial detallar y cuantificar de manera tangible la viabilidad de la propuesta. A partir de los datos de los costos anuales del programa de mantenimiento y las nuevas tareas preventivas propuestas, se destaca lo siguiente:

Tabla 3-20: Diferencia de costos de los proyectos

Mantención Anual del programa	
Valor	Dólar [\$]
Planificación actual	\$ 194.057
Planificación propuesta	\$ 163.794
Diferencia de costo	\$ 30.262

Fuente: Elaboración propia.

La nueva propuesta logra una disminución de **\$30.262 Dólares** con respecto a la planificación actual que tiene la empresa, esta diferencia se logra gracias al aumento de la vida útil de los componentes del sistema.

3.10. FLUJO DE CAJA

En este último paso, utilizando esta herramienta fundamental para la gestión financiera de una empresa, ya que nos permite evaluar la capacidad para generar el efectivo que cubre los gastos operacionales, inversiones y deudas.

El cual se calcula restando pagos realizados de los ingresos recibidos durante determinados periodos de tiempo, en el contexto de este proyecto se busca evidenciar las pérdidas económicas que se tienen al tener los equipos detenidos por fallas y no poder realizar el servicio para el cual son requeridos.

Tabla 3-21: Perdida por no operación del vehículo

FLUJO DE CAJA					
DETAJER DE INGRESO		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
N° DE VIHICULOS	42				
COSTO DIARIO POR VEHICULO (DÓLAR)	\$ 300				
TOTAL INGRESOS		\$ 390.600	\$ 390.600	\$ 390.600	\$ 390.600
DETAJER DE EGRESO					
DIAS DE NO OPERACIÓN		20	23	29	35
TOTAL DE EGRESOS		\$ 6.000	\$ 6.900	\$ 8.700	\$ 10.500
TOTAL NETO		\$ 384.600	\$ 383.700	\$ 381.900	\$ 380.100
	TOTAL ESPERADO				\$ 1.562.400
	TOTAL POR OPERACIÓN REAL				\$ 1.530.300
	TOTAL PERDIDA DE OPERACIÓN				\$ -32.100

Fuente: Elaboración propia.

Tomando los datos de fallas que incurran en detención de los vehículos de los cuatro meses analizados anteriormente se obtiene una pérdida de **\$32.100 Dólares** por la no operación de los vehículos, los cuales por las condiciones de trabajo no incluye algún cobro extra por penalización al no operar, ya que la necesidad del traslado de pasajeros lo suplen los demás minibuses debido a que estos no llevan su máxima capacidad de pasajeros, gracias a esto no se agregan costos adicionales que puedan aumentar las pérdidas de operación.

3.11. FLUJO DE CAJA ANUALIZADO

Utilizando los datos anteriormente visto de los cuatro meses se proyecta esta misma a un periodo de 12 meses para obtener los costos anualizados aproximados que tendríamos.

Tabla 3-22: Perdida por no operación del vehículo anualizado

FLUJO DE CAJA ANUALIZADO	
VALOR	DÓLAR [\$]
TOTAL ESPERADO	\$ 4.687.200
TOTAL OPERACIÓN REAL	\$ 4.590.900
TOTAL PERDIDA DE OPERACIÓN	\$ -96.300

Fuente: Elaboración propia.

Llevando la proyección se logra obtener un valor de **\$96.300 Dólares** anualizados que se obtienen como perdida al no poder realizar el servicio de la manera correspondiente debido a detenciones imprevistas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Utilizando los conocimientos adquiridos, logramos desarrollar una nueva propuesta al plan de mantenimiento mediante la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM del cual extraemos la importancia que tiene la aplicación de esta herramienta en algunas organizaciones y más específico aun en activos en este caso el Mercedes Benz Sprinter 516CDI, ya que logramos tener una esperanza de vida más larga para estos minibuses en sus labores. La idea principal de esto es la implementación futura de esta propuesta en los diferentes vehículos de la faena mediante las pautas GMA para así tener una mejor eficiencia en las tareas de mantenimiento.

Con la intención de mejorar el plan de mantenimiento los pasos que desarrollar para la aplicación de RCM fue en primera instancia encontrar el subsistema más crítico del minibús Mercedes Benz Sprinter 516CDI mediante la aplicación del diagrama Jack Knife esto se logró con la obtención de órdenes de trabajo de los últimos cuatro meses donde aparecen tareas que fueron ejecutadas para la flota de buses para luego con una entrevista a los mantenedores involucrados logramos obtener los tiempos de reparación de cada tarea para así al desarrollar el diagrama nos diera que nuestro subsistema más crítico era el de CHASIS.

Luego aplicar el FMECA de donde extraemos los distintos modos de falla, efectos y posibles causas, junto con el método de número de priorización de riesgos NPR con el cual se extrae el modo de falla más riesgoso según su severidad, ocurrencia y detección en el que obtuvimos que los modos que estaban más propensos al riesgo son los asociados a las pastillas de freno, discos de freno y neumáticos luego con esta información pasamos al árbol de toma de decisiones donde determinamos las tareas de mantenimiento necesarias para cada modo, la frecuencia de estas tareas y los encargados de realizarlas.

Posterior a esto desarrollamos la nueva pauta de trabajo GMA en el cual implementamos nuevas tareas preventivas con las que gracias a ellas se logra tener una estimación de ahorro anual de \$30.262 Dólares para la faena de El Teniente con respecto a los 42 vehículos que se encuentran en trabajo, por lo que sería factible la posible implementación de esta propuesta logran de disminución de fallas no esperadas y gastos de mantenimiento, como también mediante el flujo de caja se logra determinar las pérdidas por no operación de estos vehículos las cuales se pronostican \$96.300 Dólares de pérdida de un ingreso propuesto de \$4.687.200 Dólares.

Finalizado esta propuesta, se propicia que la empresa CVU implemente el plan centrado en confiabilidad, ya que esto le reportará beneficios tanto económicos debido al costo que esta conlleva, en la operación ya que esta será más fluida y mejora en el trato con el cliente al permitir cumplir con los compromisos establecidos en los contratos.

BIBLIOGRAFÍA

- BUSES CVU. (s.f.). Información general [Página web]. Recuperado de <https://www.busescvu.cl/>
- KAUFMANN. (2021). Ficha de mantenimiento, cronograma de mantenimiento Kaufmann, Sprinter VS30 chasis 907, motor 651.9, versión 1.1 [Ficha técnica]. Recuperado de <https://www.mercedes-benz-bus.com/>
- KAUFMANN. (2021). Programa de mantenimiento Sprinter VS30 chasis 907.6, versión 1.1 [Documento interno].
- MOUBRAY, J. (2004). Reability centred maintenance (RCM) (3ª ed.). Madrid: Aladom LLC.
- LEAN SOLUTIONS. (s.f.). FMECA - Failure Mode and Effect Analysis [Página web]. Recuperado de <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>
- MERCEDES-BENZ. (2019). Información específica Minibús Mercedes-Benz 516 CDI (versión 1.0) [Página web]. Recuperado de <https://www.kaufmann.cl/documents/68916/0/NEW-SPRINTER-516-CDI-15.5-m3+%281%29.pdf/720de1dd-3d09-f08d-e912-da80166e9cf0?t=1617044390645>

ANEXOS

ANEXO A: MODOS DE FALLO SUBSISTEMA DE CHASIS

Modos de Falla Subsistema de chasis (Mercedes-Benz S16CDI 4x4)

Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla
Neumático Pinchado	Perdida de control / vibración / daños a otros componentes	Deterioro del neumático / Conducción por superficies irregulares / Objetos punzantes
Neumático desgastado	Perdida de adherencia del neumático	Presión de aire incorrecta / Mal alineamiento / Sobrecarga
Perdida de fluido hidráulico de la cremallera	Disminución de capacidad de dirección asistida	Desgaste de sellos / desgastes internos / daño en líneas hidráulicas
Desplazamiento lateral excesivo de la cremallera de dirección	Perdida de precisión en la dirección	Fallos en rodamientos / Ajuste inadecuado en la instalación
Corrosión en la carcasa de la cremallera de dirección	Riesgo de fallos estructurales / pérdida de integridad / funcionamiento	Exposición a condiciones climáticas extremas
Desgaste bande de rodamientos homocinética	Vibración / Ruido durante conducción	Uso prolongado sin mantenimiento / Condiciones de conducción agresiva
Rotura de bola o rodillo de la homocinética	Perdida de función / Bloqueo de la transmisión de potencia	Sobrecarga o Impacto severo / Defectos de fabricación
Juego en axial de dirección	Vibración durante la conducción / Perdida de precisión en la dirección / Desgaste irregular de neumáticos	Desgaste de casquillos / Desalineación de componentes / Instalación incorrecta
Desgaste de pastillas de frenos	Perdida de fracción / Menor capacidad de frenado / Riesgo de daño al rotor	Uso prolongado sin inspección / Frenado agresivo / Condiciones de conducción agresivas
Agratamiento o fractura de pastillas de freno	Perdida de integridad estructural / Ruido durante frenado / Riesgo de fragmentación	Sobrecalentamiento / Estrés térmico / Uso extremo
Cristalización o gresado de pastillas de freno	Perdida de fricción / Ruido y vibración / Reducción de la eficiencia de frenado	Frenadas extremas seguidas de enfriamiento rápido / Uso excesivo de frenos
Desgaste excesivo de discos de freno	Reducción de capacidad de frenado / Perdida de grosor del disco / Riesgo de sobrecalentamiento	Frenadas frecuentes / Uso prolongado / Condiciones de conducción agresiva
Rayado o surcos en superficie del disco de freno	Desgaste irregular / Ruido y vibración durante el frenado / Menor eficiencia de frenado	Partículas abrasivas en el mecanismo / Uso prolongado en condiciones adversas
Risuras o grietas en discos de freno	Perdida de integridad estructural / Riesgo de fractura / Reducción de eficiencia de frenado	Sobrecalentamiento / Estrés térmico / Uso extremo
Pistón atascado en caliper de freno	Desgaste desigual en las pastillas / Frenado desigual en las ruedas / Perdida de eficiencia en el frenado	Acumulación de suciedad / corrosión o residuos / Falta de lubricación
Dificultad de cambio de marchas en la selectora de cambios	Resistencia al cambio de marcha / Ruido durante la operación / Fatiga del conductor	Desgaste de sincronizadores / Problemas en el mecanismo de selección / Baja cantidad o calidad del lubricante
Fuga de aceite en el amortiguador	Perdida de capacidad / Conducción irregular / Reducción de la estabilidad y control	Desgaste de los sellos / Daño en el cuerpo del amortiguador / Fatiga de material
Desgaste de Vástago del amortiguador	Perdida de capacidad / Ruido y vibración durante la conducción / Desgaste prematuro de otros componentes de la suspensión	Contaminación interna / Uso prolongado
Desgaste de bujes de bandeja de dirección	Juego en la suspensión / Ruido en la conducción / Desgaste irregular de neumáticos	Uso intensivo / Contaminación / Falta de lubricación
Daño estructural de la bandeja de dirección	Perdida de integridad estructural / Vibración o ruido en la suspensión / Riesgo de fallo súbito	Impactos severos / Uso en condiciones extremas
Fallo en el motor de transferencia del sistema 4x4	Inmovilización del sistema 4x4 / limitación de las opciones de conducción	Desgaste de motor / Problemas eléctricos / Fallo en los componentes internos
Problemas en el engranche y desenganche del sistema 4x4	Dificultad de cambiar en los modos de tracción / Ruido durante la operación	Desgaste de componentes / Contaminación por suciedad o agua
Falla de actuadores del sistema 4x4	Perdida de en una o mas ruedas / Inestabilidad durante la conducción	Desgaste de actuadores / Problemas eléctricos / Impactos o golpes
Bomba de freno con perdida de liquido	Disminución en la presión de freno / Riesgo de fallo total en sistema de frenos	Desgaste de sellos / Daños en las juntas / Corrosión en el cilindro maestro
Desgaste o daño en el cilindro de la bomba de freno	Perdida de presión en el sistema / Perdida de eficacia del frenado	Uso prolongado / Contaminación en liquido de frenos / Problemas en sellado del sistema
Cavitación en el cilindro de la bomba de frenos	Vibraciones en el pedal de freno / Perdida de presión durante la frenada / Riesgo de perdida total de frenos	Contaminación del liquido de frenos / Entrada de aire al sistema / Problemas en la válvula de entrada

ANEXO B: PAUTA ANÁLISIS GLOBAL DE ACTIVOS (GMA)

GMA

PAUTA ANALISIS GLOBAL DE ACTIVOS (GMA)

Análisis global de activos:		Mantenimiento Mercedes-Benz Sprinter 516CDI				
Fecha:		Fecha:		Hora Inicio:		
Encargado:		Patente:		Hora Término:		
Kilometraje del vehículo:						
Cargo	Supervisor	Mecánico	Eléctrico	Electrónico	Otro	
Código	5	1	2	3	4	5

Sigla	Tipo de trabajo
ADD1	Servicio adicional cada 1 año
ADD2	Servicio adicional cada 2 años
ADD3	Servicio adicional cada 3 años

N°	Trabajo a realizar	Tipo de mantenimiento	Cargo	Firma de responsable	Comentarios
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

N°	Material	Cantidad	Utilizado en	Valor \$	Firma del responsable	Comentarios
1						
2						
3						
4						
5						
6						

N°	Cargo	Cantidad	Utilizado en	Valor H/H \$	Firma del responsable	Comentarios
1						
2						
3						
4						
5						
6						

ANEXO C: FICHA TÉCNICA MINI BUS MERCEDES BENZ 516 CDI 4X4

KAUFMANN

NEW SPRINTER

¡100% para ti! ¡100% para tu negocio!



Sprinter 516 CDI 19+1 4x4 AT

Tipo vehículo:	Pasajeros		
Número de asientos:	19+1	[·]	
Potencia:	163	[CV]	@3800 rpm
Torque:	360	[Nm]	@1400 a 2400 rpm
Combustible:	Diesel		
Tracción:	4x4		
Transmisión:	Automática		

Norma de Emisiones: EURO 5 + DPF

La más amplia red de sucursales de Arica a Punta Arenas

*Consulta por el intervalo de mantención de tu Sprinter (según tu operación) con nuestros asesores de servicio.

Las imágenes son referenciales, por lo que podrían contener opcionales. | Para más información contáctanos: +56 2 2720 2000 | servicioclientes@kaufmann.cl | www.kaufmann.cl/vans

Mercedes-Benz

Vans. Born to run.

