

DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EMPRESA
DE TRANSPORTE ESPECIAL M&C TRANSPORTES S.A.S.

ANGELICA DEL MAR CIPAGAUTA BASTOS

EDGAR PUERTO GUIO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2015

DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EMPRESA
DE TRANSPORTE ESPECIAL M&C TRANSPORTES S.A.S.

ANGELICA DEL MAR CIPAGAUTA BASTOS

EDGAR PUERTO GUIO

Monografía de grado para optar el título de
“Especialista En Gerencia De Mantenimiento”

Director

Juan Eduardo Rodríguez

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BUCARAMANGA

2015

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento más especial a mi familia y los integrantes de la empresa M&C Transportes S.A.S. las cuales me brindaron su apoyo y comprensión para realizar esta especialización.

Angélica del Mar Cipagauta

Mi sentimiento de agradecimiento a mi esposa e hija quienes me han apoyada en esta etapa. De igual manera agradezco a M&C Transportes S.A.S. por el apoyo dado para la realización de esta especialización.

Edgar Puerto Guio

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION.....	19
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	21
1.1. MARCO CONTEXTUAL.....	21
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.3. OBJETIVOS.....	22
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
1.4. JUSTIFICACION.....	23
2. MARCO TEORICO	24
3. MARCO CONCEPTUAL	25
3.1. RCM - MANTENIMIENTO CENTRADO EN COFIABILIDAD ⁴	25
3.1.1. Definición formal de RCM.....	26
3.1.2. Beneficios del RCM	26
3.1.3. Dónde se debe aplicar RCM?	26
3.1.4. Cómo se debe aplicar el RCM?	27
3.1.5. Aplicación de la metodología RCM.....	28
3.2. DIFERENCIAS ENTRE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INICIAL Y UNO OBTENIDO MEDIANTE RCM.....	31
4. MARCO LEGAL	34
5. PRESENTACION DE LA EMPRESA M&C TRANSPORTES SAS	36

5.1.	RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA	36
5.2.	LOCALIZACION:	36
5.3.	FILOSOFIA ORGANIZACIONAL.....	36
5.3.1.	Política de sistema de gestión integral QHSE.....	36
5.3.2.	OBJETIVOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL QHSE.....	37
5.3.3.	Misión:.....	38
5.3.4.	Visión:	38
5.4.	SERVICIOS.....	38
5.5.	DESCRIPCCION GENERAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO	39
5.6.	ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	40
5.7.	DISTRIBUCION DE LA PLANTA	41
6.	DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	42
6.1.	MATRIZ DE REQUERIMIENTOS	42
6.1.1.	Etapas de fase de requerimientos	42
6.1.2.	Implementación Tarjeta maestra de datos (TMD).....	43
6.1.3.	Análisis de fallos	44
6.2.	MATRIZ DE CRITICIDAD	45
6.2.1.	Análisis de criticidad:.....	45
6.2.2.	Índice de Riesgo:.....	45
6.3.	MODELO RCM PARA LA FLOTA DE BUSES – FRR CHEVROLET ...	48
6.3.1.	Función:.....	49
6.3.1.1.	Especificaciones técnicas:.....	49
6.3.2.	Sistemas BUS FRR	51
6.4.	MODELO RCM PARA LA FLOTA DE BUSETAS – H-1 HYUNDAI	56

6.4.1.	Función:.....	56
6.4.1.1.	Especificaciones técnicas:.....	56
6.4.2.	Sistemas BUSETA H-1	57
6.5.	MODELO RCM PARA LA FLOTA DE CAMIONETAS 4X4.....	59
6.5.1.	Función:.....	59
6.5.1.1.	Especificaciones técnicas:.....	59
6.5.2.	Sistemas CAMIONETA 4X4.....	61
7.	PROPUESTA MODELO DE IMPLMENTACION RCM	62
7.1.	TIPO DE TAREAS	62
7.2.	CODIFICACIÓN.....	62
7.3.	RUTINAS DE MANTENIMIENTO	64
8.	CONCLUSIONES.....	68
	BIBLIOGRAFIA.....	65
	ANEXOS.....	67

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Tarjeta Maestra	41
Tabla 2. Valores recomendados para la evaluacion RCM.....	43
Tabla 3. Funcion del Bus FRR SXB 365.....	45
Tabla 4. Tarjeta Maestra Bus placa SXB 365.....	46
Tabla 5. Evaluación criticada de los sistemas.....	48
Tabla 6. Sistema, Sub-sistema, funcion, falla funcional y modo de falla - Bus placa SXB 365.....	50
Tabla 7. Modo de falla, efecto falla, parte/componente, tipo mtto, tareas - Bus placa SXB 365.....	51
Tabla 8. Funcion del Buseta H1 UFY916.....	52
Tabla 9. Tarjeta Maestra Busesta placa UFY-916.....	53
Tabla 10. Funcion del camioneta 4X4 SZT-904.....	55
Tabla 11. Tarjeta Maestra camioneta placa SZT-904.....	56
Tabla 12. Tareas de mantenimiento.....	59
Tabla 13. Insumos para mantenimiento.....	60
Tabla 14. Rutinas de mantenimiento.....	60
Tabla 15. Rutinas de mantenimiento.....	61

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación Geografica M&C Transportes.....	20
Figura 2. Patrones de falla típicos.....	29
Fig 3. Diagrama de flujo para la elaboración de un plan de mantenimiento basado en las recomendaciones de los fabricantes.....	30
Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración del plan de mantenimiento basado en el análisis de fallos.....	31
Figura 5. Organigrama de la compañía.....	37
Figura 6. Oficinas administrativas.....	38
Figura 7. Sede principal.....	38
Figura 8. Bus FRR.....	45
Figura 9. Especificaciones dimensiones y capacidad.....	46
Figura 10. Especificaciones motor.....	46
Figura 11. Ficha técnica sistema de frenos.....	47
Figura 12. Buseta H-1.....	52
Figura 13. Especificaciones dimensiones y capacidad.....	53
Figura 14. Camioneta 4X4 Toyota.....	55
Figura 15. Especificaciones dimensiones y capacidad.....	56
Figura 16. Codificación estandar de trabajo.....	58

Figura 17. Codificación estandar de trabajo.....61

Figura 18. Codificación estandar de trabajo.....63

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Tablas maestras parque automotor.....	67
Anexo B. RCM Buseta FRR CHEVROLET.....	70

GLOSARIO

ACTIVO DE PRODUCCIÓN: es un bien con valor contable del que se puede disponer inmediata o diferidamente. En general, el activo de una empresa o persona está formado por créditos a favor, inmuebles y equipamientos, y los emplea como medio de explotación. En el caso particular de M&C Transportes SAS los activos de producción son los vehículos de la flota utilizados para el transportes terrestres especial.

ANÁLISIS: comprobación de la existencia y consistencia de los requerimientos.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis¹

CAUSA: es el medio por el cual un elemento particular del proyecto o proceso resulta en un modo de falla.

CRITICIDAD: condición en la que se encuentra un elemento cuando es critico

CONFIABILIDAD: se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

¹ KARDEC NASCIF, Alan. Mantenimiento: Función estratégica

CONFIABILIDAD OPERACIONAL: es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

DETECTABILIDAD: indica el grado de facilidad en la detección de la falla.

DISPONIBILIDAD: es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables²

EFEECTO: síntoma generado por la ocurrencia de una falla potencial o funcional (ruido, vibración, goteo o fuga, elevación o disminución de una temperatura, etc.). La diferencia con consecuencia es que efecto es lo que sucede en el momento mismo de la falla y consecuencia es el evento último que desencadena el efecto primero de la falla

FALLA FUNCIONAL: tipo de desperfecto o avería que reduce a cero la capacidad de cualquier elemento físico de satisfacer un criterio de funcionamiento deseado. Dicho de otra manera, es el tipo de falla por la cual un equipo deja de funcionar totalmente.

FALLA PARCIAL (POTENCIAL): tipo de desperfecto o avería, o condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional. Estas fallas están por encima o por debajo de los parámetros identificados para cada función. Por ejemplo, el elemento no cumple un estándar o parámetro establecido de su servicio.

FRECUENCIA: es la probabilidad de ocurrencia de la falla. Idealmente debiera extraerse a partir de estadísticas de falla, en caso contrario debe conocerse con muy buena aproximación el patrón de falla del equipo/proceso y la fase por la cual está pasando actualmente

² MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento: Planeación, ejecución y control. Pág. 67

GRAVEDAD O SEVERIDAD DE LA FALLA: indica como la falla afecta al usuario o cliente (desde el punto de vista de la producción, de los daños al equipo y daños colaterales, daños al medio ambiente y seguridad industrial).

INDICADOR DE GESTIÓN: un indicador de gestión es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

MANTENIMIENTO³: es el conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual el mismo pueda ejecutar la función requerida o las que venía desempeñando hasta el momento en que se dañó, en caso que haya sufrido alguna rotura que hizo que necesite del pertinente mantenimiento y arreglo

MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD: es una filosofía de mantenimiento desarrollada para la industria aeronáutica, y en la actualidad utilizada en los sistemas asociados a plantas industriales, de forma de poder reforzar la Confiabilidad Operacional en el contexto de los objetivos de la empresa.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Si se decide que no se hará ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva) para manejar una falla, sino que se reparar a la misma una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo.

³ ACIEM. (2012). Diplomado de gestión y control de mantenimiento. Juan Carlos Duarte Holguín.

MANTENIMIENTO DE OPORTUNIDAD: el mantenimiento de oportunidad es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: se refiere a aquellas tareas de sustitución o re trabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO O MANTENIMIENTO A CONDICION⁴: consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra.

MANTENIBILIDAD: probabilidad de que un equipo pueda ser puesto en condiciones operacionales en un período de tiempo dado, cuando el mantenimiento es ejecutado de acuerdo con procedimientos pre-establecidos.

MODO DE FALLA: Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla. Por ejemplo, “impulsor desgastado” es un modo de falla que hace que una bomba llegue al estado de falla identificado por la falla funcional “bombea menos de lo requerido”. Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla. Todos los modos de falla asociados a cada falla funcional deben ser identificados durante el análisis de RCM.

PLAN DE MANTENIMIENTO (PM): el PM es un conjunto de acciones a ejecutar (actividades de mantenimiento preventivo, no correctivo ni de oportunidad) con

⁴ www.rcm-confiabilidad.com.ar

cierta periodicidad (hasta un año) para anticiparse a la salida deservicio de equipos, herramientas y elementos de uso corriente, o deterioro pronunciado de las instalaciones.

REQUERIMIENTO: un requerimiento es una condición o necesidad que exhibe o posee un sistema para satisfacer un contrato, estándar, especificación, u otra documentación formalmente impuesta. En este caso, el correcto funcionamiento del vehículo.

VERIFICACIÓN: constatación de que los requerimientos especificados son correctos.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EMPRESA DE TRANSPORTE ESPECIAL M&C TRANSPORTES S.A.S.*⁵

AUTORES: ANGELICA DEL MAR CIPAGAUTA BASTOS

EDGAR PUERTO GUIO **

PALABRAS: Parque automotriz, mantenimiento vehicular, análisis de criticidad, fallas recurrentes

DESCRIPCIÓN:

La empresa M&C Transportes S.A.S. presta el servicio de transporte especial y escolar a empresas del sector de hidrocarburos, sector estatal y la empresa privada. Cuenta con un parque automotor de 50 vehículos conformado por taxis, camionetas, busetas y buses. La empresa cuenta con tres sedes: 7 vehículos en el departamento de Boyacá, 20 vehículos el departamento en Norte de Santander y 23 vehículos el departamento en Casanare.

La salida de circulación de vehículos por mantenimientos correctivos no planeados está generando altos costos al tener que contratar vehículos adicionales a la operación para poder garantizar la disponibilidad en la prestación del servicio. Esto conlleva a una baja confiabilidad que a su vez impactan de manera significativa la rentabilidad de la empresa e imagen ante el cliente.

Con este proyecto se plantea un modelo de mantenimiento acorde a las necesidades de la empresa M&C Transportes SAS que mejore la disponibilidad y confiabilidad de los vehículos y que a su vez genere rentabilidad a la empresa y sostenibilidad en el tiempo del negocio.

El plan de mantenimiento propuesto en esta monografía recopila información de las experiencias vividas con el equipo, mantenimientos correctivos realizados, manuales de mantenimiento existentes y sugerencias de los técnicos que han atendido el equipo; basados en esta información generar rutinas de inspección y mantenimiento que ayudan a mejorar la disponibilidad del equipo, tener un cronograma de mantenimiento, y ser eficientes en el desarrollo de actividades de mantenimiento.

*Monografía

**Facultad de Ingenierías Físico- Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director Juan Eduardo Rodríguez.

SUMMARY

TITLE: DESIGN THE MODEL OF MAINTENANCE MANAGEMENT FOR THE BUSINESS OF SPECIAL TRANSPORT M&C TRANSPORTES S.A.S.⁶

AUTHORS: ANGELICA DEL MAR CIPAGAUTA BASTOS

EDGAR PUERTO GUIO**

KEY WORD: fleet of car, maintenance of vehicle, criticality`s analysis, failures recurrent.

M&C Transportes S.A.S offers transportation services to oil & gas, state, and private companies. M&C Transportes S.A.S has more than 50 vehicles composed of taxis, trucks, SUV`s, and Buses. The company has three locations in Colombia: Boyaca (7 vehicles), Norte de Santander (20 vehicles), and Casanare (23 Vehicles).

When company`s vehicle Breakdown, M&C Transportes S.A.S must rent another vehicle to guarantee its quality service. This fact represents a high cost to the company, low reliability, impacts the company profitability and corporate image.

The following project proposed a maintenance model to satisfy M&C Transportes S.A.S needs in order to improve availability, reliability of their vehicles to increase profitability and sustainability to the company.

The proposed maintenance plan this monograph collects information from the experiences with the machine, corrective maintenance performed, existing maintenance manuals and technical tips that have served the machine, based on this information to generate inspection and maintenance routines that help improve the availability of equipment, have a maintenance schedule, and be efficient in developing maintenance activities.

* Monographs

** Faculty of Mechanical Engineering and Physical. Specialization in Maintenance Management. Director Juan Eduardo Rodríguez.

INTRODUCCION

Dentro del organigrama de la empresa se identifica los departamentos de operación y mantenimiento los cuales deben trabajar conjuntamente encaminados a dar cumplimiento a los objetivos de la empresa M&C Transportes Ltda, garantizando la disponibilidad de los vehículos para que la operación cumpla con la prestación del servicio de transporte especial. Los directivos de M&C Transportes SAS han estado comprometidos en un proceso de mejora continua donde se busca una optimización de recursos e inversión de capital a través de los sistemas de gestión bajo las NORMAS de calidad ISO 9001:2008, NORSOK-S-006:2003, OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004; alrededor de este interés se evalúan nuevas teorías administrativas con el fin de poder gestionar correctamente el área de mantenimiento. Es aquí donde se comienza a pensar en la implementación de políticas y filosofías de calidad tales como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM.

De acuerdo a lo anterior se plantea un modelo de mantenimiento acorde a los requerimientos que demandan los vehículos de la empresa M&C Transportes SAS, ya que la estrategia de mantenimiento que se tiene implementada no garantiza la confiabilidad y disponibilidad de los vehículos generando sobre costos por programación de mantenimientos correctivos no planeados y alquiler de vehículos externos para poder cumplir con la presentación del servicio.

Los resultados esperados con la aplicación de estas metodologías en la estructuración del programa de mantenimiento, es la optimización de los costos operacionales incrementando la disponibilidad y mejorando la confiabilidad del parque automotriz a través de la optimización de los programas de mantenimientos y reducción de tiempos de parada no programadas, lo anterior

repercutirá en el mejoramiento de la imagen ante el cliente y su vez será una fortaleza en la búsquedas de nuevas oportunidades de negocio.

Para el desarrollo de la estructuración del programa de mantenimiento centrado en confiabilidad en la empresa M&C Transportes SAS se tendrán en cuenta los siguientes conceptos de ingeniería de mantenimiento:

RCM: Es una metodología utilizada para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe llevando a cabo su función en el contexto operacional presente. El RCM es un enfoque sistémico para mejorarla Confiabilidad de los equipos a un costo mínimo, centrándose en sus funciones principales y en acciones justificadas técnica y económicamente. El objetivo primario del RCM es conservar la función de sistema, antes que la función del equipo.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. MARCO CONTEXTUAL

Figura 1. Ubicación Geografica M&C Transportes



La empresa M&C Transportes S.A.S. presta el servicio de transporte especial y escolar a empresas del sector de hidrocarburos, sector estatal y la empresa privada. Cuenta con un parque automotor de 50 vehículos conformado por taxis, camionetas, busetas y buses. La empresa cuenta con tres sedes: 7 vehículos en el departamento de Boyacá, 20 vehículos el departamento en Norte de Santander y 23 vehículos el departamento en Casanare.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La salida de circulación de vehículos por mantenimientos correctivos no planeados está generando altos costos al tener que contratar vehículos adicionales a la operación para poder garantizar la disponibilidad en la prestación del servicio. Esto conlleva a una baja confiabilidad que a su vez impactan de manera significativa la rentabilidad de la empresa e imagen ante el cliente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Plantear una estrategia de mantenimiento basado en el modelo RCM acorde a las necesidades de la empresa M&C Transportes SAS que mejore la disponibilidad y confiabilidad de los vehículos y que a su vez genere rentabilidad a la empresa y sostenibilidad en el tiempo del negocio.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Mediante la aplicación de la metodología RCM diseñar una estrategia de mantenimiento para la empresa M&C Transportes SAS.
- Identificar los sistemas críticos de los equipos y sus modos de falla funcionales por tipo de familia identificada.
- Elaborar tareas preventivas y correctivas con frecuencias establecidas basados en los modos de falla identificados.

1.4. JUSTIFICACION

Como justificación teórica se tiene el interés de la junta directiva de la empresa M&C Transportes S.A.S. de revisar la efectividad de la estrategia de mantenimiento e identificar la causa raíz que genera los altos índices de mantenimientos correctivos del parque automotor que a su vez genera sobre costos a la empresa generando una baja confiabilidad en la prestación de los servicios afectando la imagen de la compañía.

Por otro lado M&C Transportes S.A.S. cuenta con tres sedes a nivel nacional, por las distancias geográficas y al no contar con un sistema de información adecuado, se hace difícil el análisis de la información y toma de decisiones ante los eventos de falla que se presenten en los vehículos.

Asociado se presume que el factor humano está incidiendo de manera considerable en los eventos de fallas que se han presentado, al no contar con procedimientos definidos y con un manejo de información adecuada, dificultando la toma de decisiones por parte de las directivas de la empresa.

2. MARCO TEORICO

Con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos planteados de una manera técnica, eficaz y eficiente, teniendo en cuenta la filosofía MCD, plantearemos el desarrollo del proyecto apoyados con las filosofías del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, criticidad de repuestos, caracterización de equipos, repuestos consumibles, con el fin de desarrollar la estrategia que aplique al parque automotriz existente.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. RCM - MANTENIMIENTO CENTRADO EN COFIABILIDAD⁷

El RCM es una metodología utilizada para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe llevando a cabo su función en el contexto operacional presente. El RCM es un enfoque sistémico para mejorarla Confiabilidad de los equipos a un costo mínimo, centrándose en sus funciones principales y en acciones justificadas técnica y económicamente. El objetivo primario del RCM es conservar la función de sistema, antes que la función del equipo. Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas.

El proceso de análisis global del RCM se resume como sigue:

- a) Análisis de fallos funcionales. Define el funcionamiento del componente en un equipo, su fallo funcional, y sus efectos de fallo.
- b) Selección de ítems críticos. Determina y analiza que componentes, sistemas se caracterizan como funcionalmente significativos.
- c) Decisión lógica del RCM. Incluye el análisis de los ítems funcionalmente significativos (IS), para determinar la consecuencia del fallo.

⁷ Principios básicos a desarrollar para la implementación del RCM. Recuperado de http://www.emagister.com/frame.cfm?id_user=37808020051070486868574868494568&id_centro=43204110021466565570676950524550&id_curso=54875040030768544853546754664554&url_frame=http://www.monografias.com/trabajos10/implan/implan.shtml

- d) Análisis de inspección. La inspección determina qué datos son necesarios para el apoyo del análisis RCM.
- e) Resumen de los requisitos de mantenimiento. Determina la agrupación de los requisitos óptimos del nivel de mantenimiento que se practica.

3.1.1. Definición formal de RCM

Filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizarla Confiabilidad Operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos, en la seguridad, el ambiente y las funciones operacionales.

3.1.2. Beneficios del RCM

Definir estrategias de mantenimiento que: Mejoren la seguridad Mejoren el rendimiento operacional de los activos Mejoren la relación costo/riesgo-efectividad del mantenimiento Minimicen el efecto ambiental **Hagan** que los procesos sean documentados y auditables.

3.1.3. Dónde se debe aplicar RCM?

Equipos y sistemas críticos para la producción o seguridad y ambiente Equipos y sistemas con altos costos de mantenimiento debido a trabajos preventivos o correctivos Equipos y sistemas genéricos con un alto corte colectivo de

mantenimiento particularmente, si no existe confianza en el mantenimiento existente.

El RCM es óptimo para plantas nuevas, donde no existe un plan formal de mantenimiento y/o se hayan generado cambios mayores en los activos que componen el sistema.

3.1.4. Cómo se debe aplicar el RCM?

Factores claves de éxito: Los proyectos deben ser cuidadosamente seleccionados y definidos (donde aplicarlo) Involucramiento y reporte del cliente es vital Identificación y uso de la mejor información de fallas disponibles (experiencias específicas respaldadas con fuentes genéricas) Los beneficios antes y después deben ser medibles.

Los principales elementos del análisis RCM se resumen en doce pasos como sigue:

- Estudios y preparación.
- Definición y selección de sistemas.
- Análisis funcional de la falla.
- Selección de ítems críticos.
- Tratamiento de los ítems no críticos.
- Colección y análisis de los datos.
- Análisis de los modos de fallo y sus efectos.
- Selección de las tareas de mantenimiento.
- Determinación de los intervalos de mantenimiento.
- Análisis y comparación de las estrategias de mantenimiento.

- Implantación de recomendaciones.
- Seguimiento de resultados.

3.1.5. Aplicación de la metodología RCM

Las 7 preguntas del RCM:

1. ¿Cuáles son las funciones del activo?
2. ¿Cuáles son las fallas funcionales?
3. ¿Cuáles son los modos de falla?
4. ¿Cuál es el efecto de falla?
5. ¿Qué importancia tiene la falla?
6. ¿Qué puede planearse para prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no se puede prevenir la falla? – este punto se encuentra por fuera del alcance del estudio ya que no se implementara el sistema de mantenimiento en la empresa, solo se llegara hasta la fase de diseño.

FUNCIONES Y SUS ESTANDARES DE FUNCIONAMIENTO⁸: Cada elemento de una planta debe haberse adquirido para un propósito determinado. En otras palabras, debe tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afectara a la organización en cierta manera. Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

⁸ MOUBRAY, John. (1998). Introducción al MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIBAILIDAD. SQL, SYSTEMS CARIBBEAN NV. Edición única. capitulo RS 300

FALLOS FUNCIONALES: Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar como puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva el concepto de un fallo funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

MODO DE FALLO: El paso siguiente es tratar de identificar los modos de fallo que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto nos permite comprender exactamente qué es lo que puede que estemos tratando de prevenir.

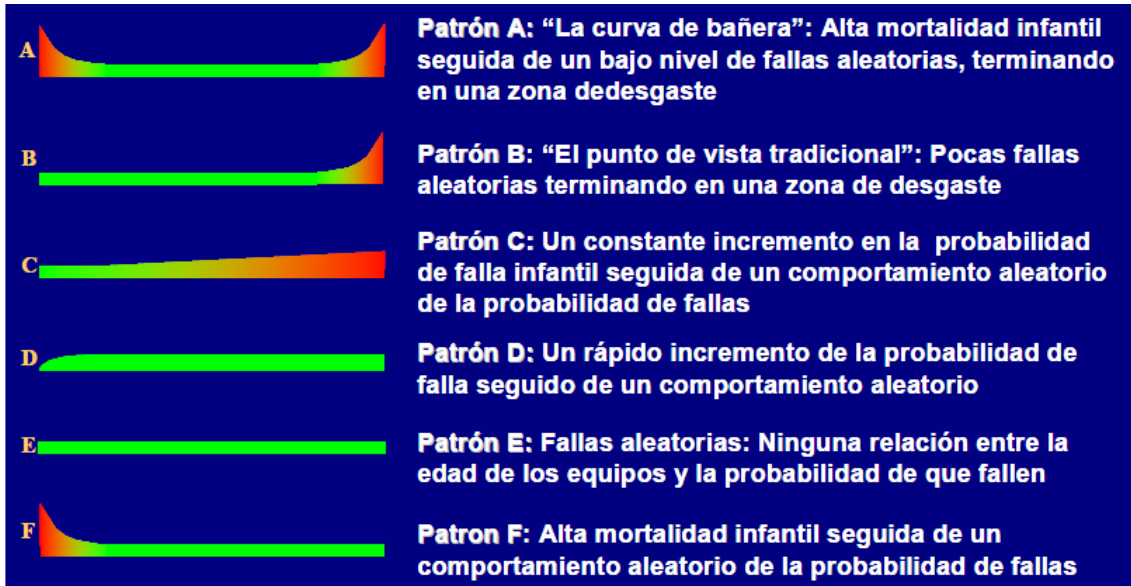
EFFECTOS DE LOS FALLOS: Cuando se esté identificando cada modo de fallo, los efectos de los fallos también deben registrar (en otras palabras que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo tanto que nivel de mantenimiento preventivo (si lo hubiera) sería necesario.

CONSECUENCIAS DE LOS FALLOS: Una vez se hayan identificado los funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y cuánto importa cada fallo.

TAREAS PREVENTIVAS: Las fallas de equipos y maquinaria suelen presentarse siguiendo ciertos patrones los cuales se deben a diversas razones como desgaste, defectos de fabricación, costumbres erróneas de mantenimiento y políticas inadecuadas de gestión de equipos. En la figura (2) se muestran los patrones típicos de falla encontrados en la industria.

El reconocimiento de estos patrones ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento preventivo. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallos que tengan consecuencias sin importancia.

Figura 2. Patrones de falla típicos⁹



Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe hacer algo para prevenir los fallos, o por lo menos reducir las consecuencias. Esto nos lleva de nuevo a la cuestión de las tareas preventivas.

ACCIONES “A FALLA DE”: Además de preguntar si las tareas preventivas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si merece la pena hacerlas. La respuesta depende de como reacción a las consecuencias de los fallos que pretende prevenir”.

⁹ MOUBRAY, John. (1998). Introducción al MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD. SQL, SYSTEMS CARIBBEAN NV. Edición única. capítulo RS 300

3.2. DIFERENCIAS ENTRE UN PLAN DE MANTENIMIENTO INICIAL Y UNO OBTENIDO MEDIANTE RCM¹⁰

Comparando el plan inicial, basado sobre todo en las recomendaciones de los fabricantes, con el nuevo, basado en el análisis de fallos, habrá diferencias notables:

- En algunos casos, habrá nuevas tareas de mantenimiento, allí donde el fabricante no consideró necesaria ninguna tarea.
- En otros casos, se habrán eliminado algunas de las tareas por considerarse que los fallos que trataban de evitar son perfectamente asumibles (es más económico esperar el fallo y solucionarlo cuando se produzca que realizar determinadas tareas para evitarlo).

El plan de mantenimiento inicial está basado en las recomendaciones de los fabricantes, más aportaciones puntuales de tareas propuestas por los responsables de mantenimiento en base a su experiencia, completadas con las exigencias legales de mantenimiento de determinados equipos:

¹⁰ GARCÍA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. Recuperado de <http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/Que+es+RCM>

Fig 3. Diagrama de flujo para la elaboración de un plan de mantenimiento basado en las recomendaciones de los fabricantes



El Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM va más allá. Tras el estudio de fallos, no sólo obtenemos un plan de mantenimiento que trata de evitar los fallos potenciales y previsibles, sino que además aporta información valiosa para elaborar o modificar el plan de formación, el manual de operación y el manual de mantenimiento:

Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración del plan de mantenimiento basado en el análisis de fallos



Obsérvese dónde se consideran las recomendaciones de los fabricantes en uno y otro caso: si en el plan inicial eran la base, en RCM no son más que una mera consulta final para asegurar que no se ha olvidado nada importante.

4. MARCO LEGAL

NORMA ISO 14224:2006¹¹: Esta Norma internacional brinda una base para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias. Sus definiciones son tomadas del RCM.

Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan Cuantificar la Confiabilidad de Equipos y compararla con la de otros de características similares.

SAEJ1011¹²: Esta norma para la Fiabilidad Centró el Mantenimiento (RCM) se piensa para el uso por cualquiera organización que tiene o hace uso de recursos físicos o sistemas que desea manejar responsablemente. RCM es un proceso específico identificaba las políticas que deben llevarse a cabo para manejar los modos de fallo que podrían causar el fallo funcional de cualquier recurso físico en un contexto que opera dado. Se piensa que este documento es usado para evaluar cualquier proceso que pretende para ser un proceso de RCM para determinar si es un verdadero proceso de RCM. Este documento apoya tal una evaluación especificando el criterio mínimo que un proceso debe tener para ser un proceso de RCM.

¹¹ ISO 14224:2006. (2006). Petroleum petrochemical and natural gas industries and exchange of reliability and maintenance data for equipment.

¹² SAE JA1011. (1999). Standard for Reliability Centered Maintenance (RCM).

INGENIERIA DE CONFIABILIDAD PARA LA GESTION DE MANTENIMIENTO –
ACIEM¹³: Material didáctico del diplomado en gestión de mantenimiento realizado
por la asociación colombiana de ingenieros eléctricos y mecánicos ACIEM, donde
se estudiaron las metodologías de confiabilidad para la gestión del mantenimiento.

¹³ ACIEM. (2012). Diplomado en gestión y control de mantenimiento. Juan Carlos Duarte Holguín.

5. PRESENTACION DE LA EMPRESA M&C TRANSPORTES SAS

5.1. RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA¹⁴

La empresa M&C Transportes S.A.S. Fue conformada en el año XXXX bajo el nombre Transportes Monterrey, en 2004 cambia su razón social a M&C Transportes SAS y habilitada ante el Ministerio de Transporte para la prestación de servicio especial de transporte de pasajeros. La empresa presta el servicio de transporte de pasajeros a empresas privadas y estatales en las modalidades de transporte de personal y transporte de estudiantes.

M&C Transportes SAS cuenta con 30 empleados directos los cuales esta distribuidos en dos sedes operativas una ubicada en el municipio de los Patios (N de S) y en el municipio de Monterrey (Cas).

5.2. LOCALIZACION:

Dirección: Carrera 15 N°16-151 Barrio Panorama – Monterrey (CAS)

Teléfonos: 312 5875471 – 310 3376113

5.3. FILOSOFIA ORGANIZACIONAL

5.3.1. Política de sistema de gestión integral QHSE

¹⁴ M&C TRANSPORTES SAS. (2004). Documentos institucionales M&C Transportes S.A.S.

M & C Transportes S.A.S, es una empresa dedicada a la prestación del servicio público de transporte terrestre automotor especial, comprometida con el cuidado del medio ambiente y la utilización óptima de los recursos naturales renovables y no renovables manteniendo controlados los aspectos ambientales significativos de sus operaciones, cumpliendo los requisitos de nuestros clientes, la legislación colombiana aplicable relacionada con seguridad y salud ocupacional, medio ambiente y aquellos requisitos que las demás partes interesadas suscriban, con maquinaria y equipos en buen estado mediante la optimización de los recursos y un adecuado control de las operaciones, contando con equipo humano calificado y actuando con responsabilidad frente a la conservación y promoción de la seguridad y salud de nuestros trabajadores, colaboradores y visitantes mediante la identificación y control de los factores de riesgo a los cuales están expuestos, comprometidos en la mejora continua, gestión y desempeño de nuestros procesos”.

5.3.2. OBJETIVOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL QHSE

Cumplir los requisitos de nuestros clientes, así mismo de la normatividad vigente relacionada con seguridad y salud ocupacional, medio ambiente y demás partes interesadas

- Aumentar nuestra participación en el mercado
- Mantener el índice de accidentalidad
- Mantener los vehículos en excelentes condiciones de funcionamiento.
- Contar con personal competente para la prestación del servicio.
- Mejorar continuamente la eficacia de nuestros procesos.
- Mejorar el desempeño de nuestros proveedores
- Identificar y controlar continuamente los riesgos Ocupacionales.

- Identificar y controlar los aspectos ambientales propios de nuestras actividades.
- Prevenir, controlar, minimizar y mitigar la generación de aspectos e impactos ambientales negativos reales y potenciales en el desarrollo de todas las actividades de nuestra organización.

5.3.3. Misión:

M & C Transportes SAS., es una empresa dedicada a prestar el servicio público de transporte terrestre automotor especial, utilizando vehículos apropiados, personal competente y asignando recursos económicos para garantizar la efectividad de las operaciones, todo esto en pro de garantizar beneficios a la comunidad, a nuestros socios y empleados. ¹

5.3.4. Visión:

Para el año 2015, ser líder en la prestación de servicio de transporte público terrestre automotor especial, con excelencia y calidad total en cada uno de sus procesos, de la mano de un equipo humano competente y comprometido. ¹

5.4. SERVICIOS

La empresa presta el servicio público de transporte terrestre automotor especial de pasajeros para empresas privadas y estatales, en la modalidad de servicio de transporte de personal y servicio de transporte de estudiantes en los departamentos de Casanare y Norte de Santander.

5.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

El jefe de operaciones está en cabeza de la toma de decisiones y es quien se encarga de revisar información entregadas por los conductores a través de los pre-operacionales diarios y alimentar el programa de mantenimiento establecido.

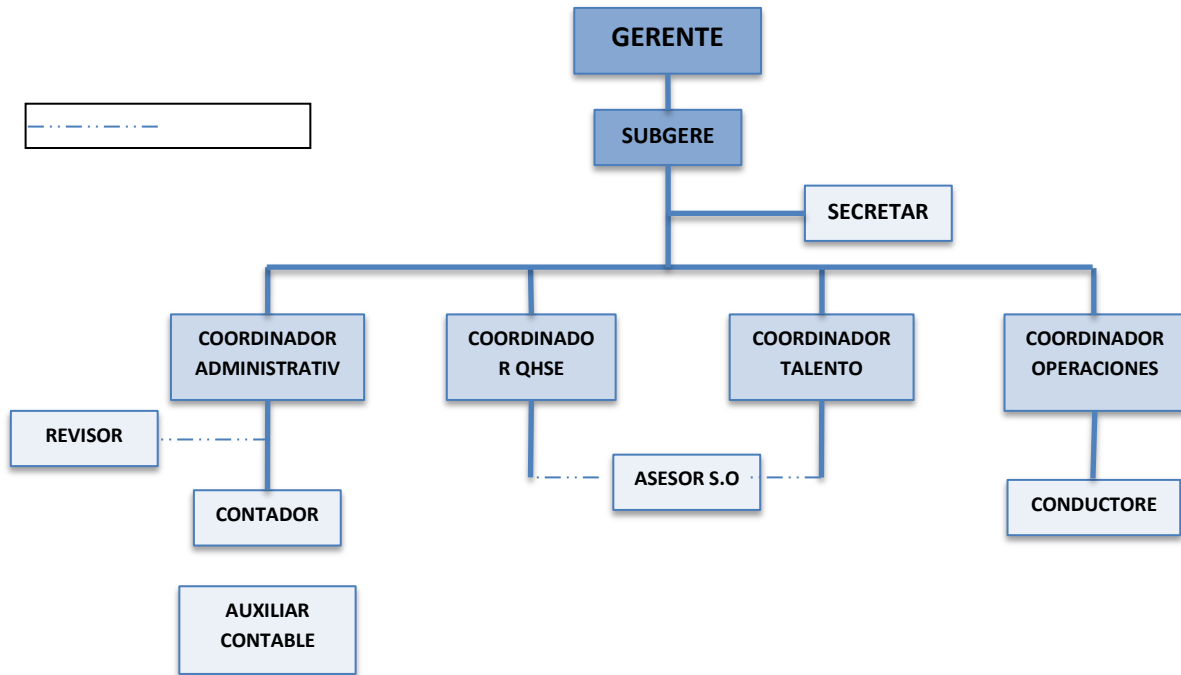
Junto con el coordinador QHSE velan por correcto funcionamiento de los equipos y programación de los mantenimientos preventivos de acuerdo a lo solicitado por el fabricante.

Los mantenimientos se realizan en talleres externos, los vehículos son remitidos de acuerdo a la especialidad y servicio solicitado.

Diariamente el jefe de operaciones registra la información suministrada en los pre-operacionales de los vehículos y entrega al coordinador QHSE para su posterior archivo. En caso de presentarse una novedad se realiza la OT y se analiza que acción a tomar de acuerdo al alcance del mantenimiento a ejecutar. En caso que se requiera sacar el vehículo de servicio se comunica al gerente quien es la persona encargada de indicar que vehículo reemplazara el servicio y a que taller de debe enviar. Los horarios de los vehículos dependen del tipo de contrato al que estén designados.

5.6. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

Figura 5. Organigrama de la compañía.

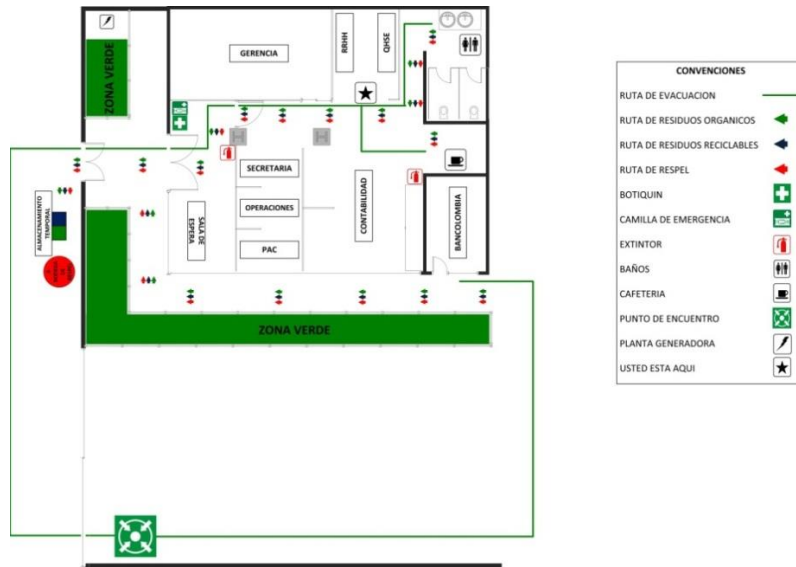


Fuente: Archivo documental M&C Transportes SAS

5.7. DISTRIBUCION DE LA PLANTA

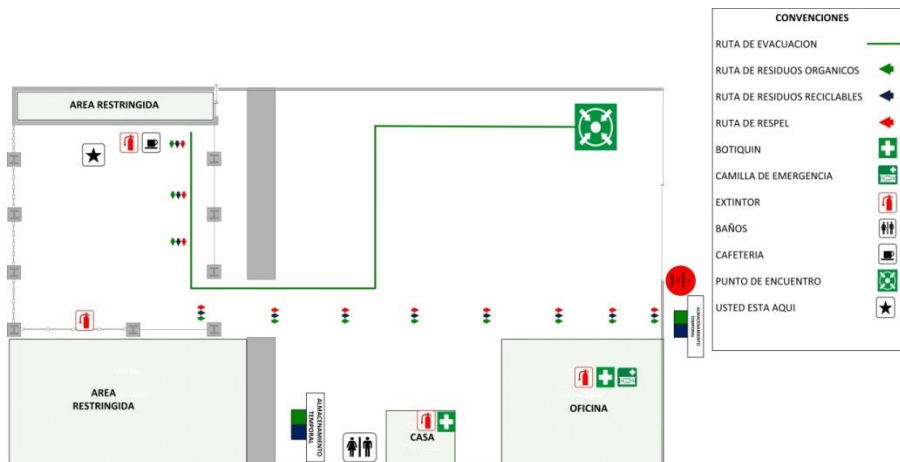
En la figura 6 se puede observar cómo se encuentra distribuido el espacio en la empresa M&C Transportes S.A.S.

Figura 6. Oficinas administrativas



Fuente: Archivo documental M&C Transportes SAS

Figura 7. Sede principal



Fuente: Archivo documental M&C Transportes SAS

6. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

6.1. MATRIZ DE REQUERIMIENTOS

Con el fin de Implementar la fase I propuesta en la metodología se debe efectuar un listado completo de las partes o componentes de cada vehículo. Para tal fin se propone una serie de etapas que permitirán realizar un análisis de los requerimientos.

6.1.1. Etapas de fase de requerimientos

- Obtención de requerimientos: Búsqueda y obtención de los requerimientos con el departamento de operaciones, calidad, archivo y gerencia.
- Verificación: verificación de la existencia física y confiabilidad de la información suministrada.
- Análisis: Con base a la revisión de la información se determina el alcance y aplicación de la metodología a desarrollar.

La información fue capturada de los catálogos, manuales de servicio, páginas web de los fabricantes, historiales suministrados por el equipo técnico y entrevistas con el personal de la empresa.

6.1.2. Implementación Tarjeta maestra de datos (TMD)

La tarjeta maestra de datos es un formato diseñado para registrar las características de cada vehículo, estos datos se distribuyen en el documento según su naturaleza así:

Datos de identificación del vehículo: estos hacen referencia a la nomenclatura e identificación de los vehículos dentro de la compañía (placa, N° bus y propietario)

Datos de carrocería: Estos son entregados por la compañía ensambladora como son las dimensiones, color y tipo de carrocería que se instaló. Otros datos son determinados por la empresa como el peso y la cantidad de pasajeros.

Datos de Chasis: Proviene del fabricante y contienen datos como el año de fabricación, especificaciones técnicas del motor y otros componentes.

Esta tarjeta se incorporará como un complemento a las hojas de vida que actualmente tiene la empresa M&C Transportes SAS para cada vehículo. En la Tabla 1. Tarjeta Maestra, se especifica la estructura de la TMD propuesta y además en anexo 1 se muestran las tarjetas maestra de cada uno de los vehículos de la empresa M&C Transportes SAS.

Los datos que en ellas aparecen son tomados directamente de los manuales entregados por cada uno de los fabricantes, en ellos se especifican la identificación de los buses, busetas y camionetas, además de un listado de los requerimientos de lubricación que actualmente utiliza la empresa.

Después de haber terminado el diligenciamiento de todas las tarjetas maestras, se elabora una matriz de requerimiento teniendo como base el parque automotor con los que cuenta la empresa M&C Transportes S.A.S.

Tabla 1. Tarjeta Maestra

TARJETA MAESTRA				
CHASIS		DATOS IDENTIFICACION VEHICULO		
N CHASIS			Nº BUS	
MARCA			PLACA	
MODELO			PROPIETARIO	
N MOTOR				
PARTICULARIDADES				
ALTURA				
CARGA MAX				
SUSPENSIÓN TRASERA			CARROCERÍA	
DEPÓSITOS COMBUSTIBLE			MARCA	
CAJA BATERÍAS			MODELO	
5ª RUEDA			CAPACIDAD	
EJES			DIMENSIONES	
FRENOS			FABRICANTE TIPO	
LÍQUIDOS	Cantidad (gal)	Frecuencia de cambio (km)	Marca	Clasificación API SAE
Motor				
Caja de Velocidades				
Combustible				
Diferencial				
Caja de Dirección				
Cubos Delanteros y medios				
Cubo Eje Trasero				
Refrigerante				

6.1.3. Análisis de fallos

Durante las fases 2 a 5 de la metodología propuesta se debe ejecutar un análisis de fallos a cada uno de los sistemas, subsistemas y componentes del tipo de vehículo seleccionado, para lo cual debemos contestar las siete preguntas claves del RCM.

6.2. MATRIZ DE CRITICIDAD

6.2.1. Análisis de criticidad:

Para la aplicación de RCM en la compañía, se requiere definir cuáles son los equipos críticos, a partir de un análisis de criticidad (CA). El análisis de criticidad debe estar basado en estadísticas de fallas, modos de falla o patrones de fallas y se determina a través del uso de la ecuación (0).

$$CA = frecuencia * Gravedad \quad (0)$$

6.2.2. Índice de Riesgo:

Una vez determinados los equipos críticos se procede a realizar un AMECF¹⁵ (Análisis de modo, efecto y criticidad de la falla) o FEMECA (Failure Mode, Effect and Criticality Analysis), el cual busca determinar los sistemas críticos, para posteriormente planear la estrategia de solución. El AMECF es una metodología que busca determinar el índice de riesgo o números de prioridad de riesgo (NPR), resultado numérico de multiplicar la frecuencia, gravedad de la falla y detectabilidad (1).

$$NPR = frecuencia * Gravedad * Detectabilidad \quad (1)$$

¹⁵ MONTES VILLADA, Juan David. Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de integra S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira 2013.

Se sugiere realizar el análisis AMEF con base en la metodología descrita a continuación, la cual asegura que se respondan satisfactoriamente una serie de preguntas en la secuencia indicada, referenciándolas a un contexto productivo:

1. ¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento del recurso en el actual contexto operativo (Funciones principales y secundarias)?
2. ¿En qué formas no puede cumplir sus funciones (fallas funcionales)? Se trata de describir los modos de falla funcionales y potenciales (¿en qué condiciones el equipamiento falla?
3. ¿Qué ocasiona cada falla funcional? Posteriormente clasificar las fallas en categorías o modos de falla en categorías (mecánicas, eléctricas, lubricación, instrumentación), haciendo la respectiva descripción.
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla (efectos y consecuencias de la falla)? (Recordar que efecto es diferente de consecuencia).

Con esto se describe el efecto potencial de la falla, y surgen otras preguntas: ¿ocurrirá parada de la producción? ¿Ocurre reducción de la producción? ¿La calidad del producto es afectada? ¿Cuáles son los daños provocados? El responder las preguntas anteriores ayudará a determinar las consecuencias (sobre la seguridad personal, sobre el medio ambiente, sobre la producción, sobre la calidad, etc.).

5. ¿Cuál es la Frecuencia de la falla? Tabla 2.
6. ¿Cuál es la Gravedad o Severidad de la falla? Tabla 2.
7. ¿Cuál es la Detectabilidad de la falla? Tabla 2.

Una vez respondidas las preguntas anteriores, se debe calcular el NPR (ecuación 1). Además Se debe desarrollar planes de acción para eliminar o corregir el problema potencial. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de labores?

Tabla 2. Valores recomendados para la evaluación RCM

Componente del NPR	Clasificación	Peso
Frecuencia de ocurrencia	Improbable	1
	Muy pequeña	2 a 3
	Pequeña	4 a 6
	Media	7 a 8
	Alta	9 a 10
Gravedad de la falla (G)	Apenas imperceptible	1
	Poca importancia	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremadamente grave	9 a 10
Detectabilidad (D)	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequeña	6 a 8
	Muy pequeña	9
	Improbable	10
Índice de Riesgo (NPR)	Bajo	1 a 50
	Medio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muy Alto	200 a 1000

Para el desarrollo del proyecto de acuerdo al parque automotor de la empresa M&C Transportes S.A.S. se realizó el análisis de criticidad de acuerdo a los criterios estudiados.

Identificando tres familias, que a su vez se analizarán por sistema y sub sistemas.

- Flota de Buses
- Flota de Busetas
- Flota de Camionetas

6.3. MODELO RCM PARA LA FLOTA DE BUSES – FRR CHEVROLET

Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es el proceso lógico que permite a los usuarios determinar que actividades, tareas o requerimientos deben realizarse en los activos para que estos cumplan con su función en el contexto operacional en el cual se desempeñan; por lo tanto RCM permitirá a los mantenedores desarrollar planes y estrategias que permitan al activo o máquina estar la mayor parte del tiempo en funcionamiento de manera confiable y sostenible, y sin riesgos a la seguridad y medio ambiente.¹⁶

Para los buses Chevrolet FRR del parque automotor de la empresa M&C Transportes S.A.S. se modela el proceso de RCM a fin de desarrollar el mejor plan/programa de mantenimiento y así incrementar la confiabilidad y disponibilidad de los vehículos. Se definirán las funciones, sistemas a analizar, falla funcional, modos de falla y tareas que requieran ser optimizadas durante la ejecución del mantenimiento.

Figura 8. Bus FRR



Fuente <http://www.chevrolet.com.co/bus-intermunicipal-frr-4.html>

¹⁶ LINERO BOLAÑO, Carlos Andres, & OTERO FERNANDEZ, Andres Felipe. (2014). Modelo de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para la flota de camiones 789C Caterpillar y su impacto en la disponibilidad en una empresa del sector minero en el departamento del Cesar. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

6.3.1. Función:

El bus FRR Forward Euro IV, su función principal es el transporte de 36 pasajeros, a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT, garantizando la disponibilidad por 12 horas de lunes a viernes de acuerdo a los requerimientos del cliente. Adicionalmente debe ofrecer al personal confort durante el recorrido.

Tabla 3. Funcion del Bus FRR SXB 365

COD FUNCION	FUNCION	DESCRIPCION MODO DE FALLA	COD MODO DE FALLA	MODO DE FALLA
F-1	Transportar 36 pasajeros a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT con una disponibilidad no menor 50%	No se puede transportar el personal a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT y la disponibilidad disminuye en 30%	1	Sistema de Potencia
			2	Sistema de Direccion
			3	Sistema electrico
			4	Sistema de Frenos
F-2	Ofrecer a los pasajeros confort durante el recorrido.	La carroseria no ofrece confort a los pasajeros	5	Sistema de accesorios

6.3.1.1. Especificaciones técnicas:

De acuerdo a la información recopilada en la tarjeta maestra para el BUS con placa SXB-365 (Tabla 4), se identifican los datos básicos y las especificaciones técnicas del vehículo (figura 7,8 y 9).

Tabla 4. Tarjeta Maestra Bus placa SXB 365. Ver (anexo A)

TARJETA MAESTRA BUS SXB365			
CHASIS		DATOS IDENTIFICACION VEHICULO	
N CHASIS	9GCFRR904CB001931	Nº BUS	601
MARCA	CHEVROLET FRR	PLACA	SXB365
MODELO	2012	PROPIETARIO	MYCTRANSPORTES
N MOTOR	4HK1-889087		
PARTICULARIDADES			
ALTURA	4, MTS		
CARGA MAX	41 PASAJEROS		
SUSPENSION TRASERA	NO		
DEPOSITOS COMBUSTIBLE	42, GLS	CARROCERÍA	
CAJA BATERÍAS	40x40	MARCA	MARCOPOLO
5ª RUEDA	6	MODELO	2012
EJES	2	CAPACIDAAD	41 PAJEROS
FRENOS	DE AIRE	DIMENSIONES	2MTS X 4MTS X 9MTS
		FABRICANTE TIPO	CARROSERI TIPO POLO

Figura 9. Especificaciones dimensiones y capacidad

Especificaciones Técnicas

Motor Sistema De Freno Y Medidas De Llantas Dimensiones Y Capacidades Todos

Estándar Disponible No Disponible

Dimensiones y Capacidades	FRR BUS EURO IV
Largo (mm)	8,325
Distancia entre ejes (mm)	4,990
Peso Bruto Vehicular (kg)	10,400
Capacidad de Carga (kg)	7,370
Tanque de combustible (Lt)	200

Figura 10. Especificaciones motor

Especificaciones Técnicas

Motor Sistema De Freno Y Medidas De Llantas Dimensiones Y Capacidades Todos

Estándar Disponible No Disponible

Motor	FRR BUS EURO IV
Marca / Código	ISUZU 4HK1-TCC (DOC)
Tipo	INTERCOOLER 5.2L
Ubicación	Longitudinal Delantero
Desplazamiento (cc)	5,193
Nro. de Cilindros	4 en línea
Potencia (hp @rpm)	187 @ 2600
Torque (kg-m @ rpm)	52 @1600
Alimentación	Inyección Directa
Sistema de Inyección	Common rail
Nivel Emisiones	EIV
Combustible	Diesel
Marca / Código	MZZ6W
Tipo	T/M 6 Vel. (O/D)
Reversa	6.369
Relación final de eje	5.571
Tracción	4x2

Figura 11. Ficha técnica sistema de frenos

Especificaciones Técnicas

Motor Sistema De Freno Y Medidas De Llantas Dimensiones Y Capacidades Todos

Estándar Disponible No Disponible

Sistema de freno y medidas de llantas	FRR BUS EURO IV
Tipo	Hidráulico asistido por aire
Delantero	Campana
Traseros	Campana
ABS	<input checked="" type="radio"/>
Freno de Motor	Mariposa
Freno de parqueo	<input checked="" type="radio"/>
Freno de Mano	<input checked="" type="radio"/>
Delanteras	235/75R17,5
Tipo Delantero	Direccional
Traseras	235/75R17,5
Tipo Trasera	Direccional

Fuente. <http://www.chevrolet.com.co/bus-intermunicipal-frr-4/especificaciones-tecnicas.html>

6.3.2. Sistemas BUS FRR

El bus FRR está constituido por sistemas que trabajan de manera conjunta con el fin de garantizar la disponibilidad requerida. Se definen los siguientes sistemas principales y sub sistemas a analizar en el modelo de acuerdo a la matriz de criticidad establecida en la tabla 2.

Con el fin de identificar los sistemas críticos los cuales podrían generar la pérdida de la función del equipo se aplica la fórmula donde se identifica el número de prioridad del riesgo (NPR).

$$NPR = frecuencia * Gravedad * Detectabilidad(1)$$

Sistema de potencia:

Frecuencia de Ocurrencia: pequeña (4)

Gravedad de la falla: Grave (7)

Detectabilidad: Muy pequeña (9)

Aplicando la fórmula (1) Obtenemos:

$$NPR = 4 * 7 * 9$$

$$NPR = 252$$

Analizando los valores descritos en la tabla (2) Valores recomendados para la evaluación RCM, para un índice de riesgo (NPR): 252 se identifica que este sistema cuenta con un índice de riesgo MUY ALTO, por lo tanto este sistema será analizado en RCM.

De la misma forma se analizaron todos los sistemas del vehículo identificando como los sistemas críticos los que se describen a continuación:

Tabla 5. Evaluación criticada de los sistemas

SISTEMAS	FRECUENCIA OCURRENCIA (FR)	GRAVEDAD FALLA (G)	DETECTABILIDAD (D)	INDICE RIESGO (NPR)	NIVEL DE RIESGO
Sistema de potencia	4	7	9	252	MUY ALTO
Sistema de direccion	4	8	8	256	MUY ALTO
Sistema eléctrico	9	5	5	225	MUY ALTO
Sistema de frenos	4	10	7	280	MUY ALTO
Sistema de accesorios	5	5	6	150	ALTO
Sistemas de confort	4	3	5	60	MEDIO
Sistema de navegacion	2	3	1	6	BAJO
Sistema carrocería	2	7	2	28	BAJO

1. Sistema de potencia

- Motor Isuzu 4HK1
- Admisión y escape
- Control eléctrico motor
- Enfriamiento
- Lubricación
- Combustible
- Transmisión
- Diferencial

2. Sistema de dirección

3. Sistema de eléctrico

4. Sistema de frenos

5. Sistemas de accesorios

Para cada uno de los sistemas se define una falla funcional y un modo de falla que permitirá definir acciones de mantenimiento encaminadas en garantizar la disponibilidad y confiabilidad de vehículo. Como ejemplo tenemos para el sub-

sistema Motor Isuzu en el sistema de potencia, la función principal es garantizar una “potencia de 187@2.600 hp@rpm”. Por lo tanto se define como la falla funcional “entregar menos de 187 HP en el eje de salida a 2600 RPM”. Ahora debemos definir el motivo por el cual no se puede cumplir la fusión, es decir los modos de falla para esta falla.

Tabla 6. Sistema, Sub-sistema, funcion, falla funcional y modo de falla - Bus placa SXB 365 (ver anexo B)

Tipo de Vehículo	Placa	#	Sistema	#	Función	#	Función de Sub-sistemas	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	Causa Falla	Parte / Componente	Tipo Mantenimiento	Tarea de mantenimiento	Ejecución	Frecuencia (Horas /Años)	Nombre de la MST				
Vehículo Automotriz 5 (Bus)	SXB63	1	Sistema de Potencia	1.1	Provee hasta 187 HP x2600 RPM en el eje de salida	1.1.1	Admisión Suministrar la cantidad adecuada de aire filtrado para la combustión del motor.	1.1.1.1	El aire no llega a los cilindros	1.1.1.1.1	Filtro de aire saturado	El filtro de aire saturado no deja pasar la cantidad de aire necesaria para la mezcla aire-combustible ideal dando problemas en la combustión.	Suciedad	Filtros Aire	PV	Limpiar o cambiar filtros de aire.	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM				
										1.1.1.1.2	Conductos obstruidos	Los conductos obstruidos no dejan pasar la cantidad de aire necesaria para la mezcla aire-combustible ideal dando problemas en la combustión.	Suciedad	Filtros Aire	PV	Revisar y limpiar ductos de aire	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM				
										1.1.1.2	El aire llega a los cilindros sin filtrar	1.1.1.2.1	Filtro de aire roto	El filtro de aire roto deja pasar partículas que producen el desgaste de los pistones y las camisas de los cilindros.	Filtro colapsado	Filtros Aire	PV	Cambiar filtros de aire.	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM		
										1.1.1.2.2	Ductos de admisión rotos o flojos	Los ductos rotos o sueltos, dejan pasar partículas que producen el desgaste de los pistones y las camisas de los cilindros.	Corrosión, contaminación	Múltiples de admisión	PV	Revisar mangueras y ductos de aire	operador del Vehículo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM				
										1.1.2	Camaras de Combustion : Comprimir la mezcla	1.1.2.1	El aire-combustible no alcanza la presión especificada	1.1.2.1.1	Baja eficiencia de turbo	Problemas en el turbocompresor hacen que el aire no llegue con la presión especificada al proceso de combustión causando una	Vibracion, Desgaste de componentes internos	Turbocargador	PV	Verificar tolerancias del turbocompresor	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM
																			CO	Cambio de turbocargador	Taller Externo		

Tabla 7. Modo de falla, efecto falla, parte/componente, tipo mnto, tareas - Bus placa SXB 365 (ver anexo B)

													1.1.2.1.2	Culata fisurada	La culata fisurada puede producir fugas de aire-combustible en la cámara de combustión que no permiten que se alcance la presión necesaria en el trabajo de	Alta temperatura Desgaste componentes	Culatas	OP	Revisar temperatura del motor e Inspeccionar fugas	operador del Vehículo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° MEC MOT DIESEL				
													CO	Cambiar culata	Taller Externo											
													PV	Toma de Compresión	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM									
													1.1.2.1.3	Camisa del cilindro fisurada	Una grieta en la camisa de un cilindro hace que el aire-combustible en la cámara de combustión no alcance la presión necesaria en el trabajo de	Cavitación, desgaste componentes	Camisas	OP	Comprobación del nivel de agua e Inspeccionar mangueras	operador del Vehículo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° MEC MOT DIESEL				
													CO	Cambiar camisas	Taller Externo											
													PV	Toma de Compresión	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM									
													1.1.2.1.4	Fallo en empaques de camisa	Una falla en los empaques de camisa genera problemas de estanqueidad del cilindro provocando que la compresión no se realice correctamente y causando problemas en la combustión y presurización del carter	Suciedad, contaminación										
													1.1.2.1.5	Válvulas descalibradas	La descalibración de Válvulas generan deficiencia en la apertura y cierre, por lo que no introducen el aire-	Válvulas descalibradas	Culata	PV	Realizar calibración de Válvulas	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM				
													CO	Cambiar culata	Taller Externo											
													PV	Toma de Compresión	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM									

6.4. MODELO RCM PARA LA FLOTA DE BUSETAS – H-1 HYUNDAI

Figura 12. Buseta H-1



Fuente <http://hyundaipng.com/h1.html>

6.4.1. Función:

La buseta H1 HYUNDAI, su función principal es el transporte de 12 pasajeros, a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT, garantizando la disponibilidad por 24 horas de lunes a sábado de acuerdo a los requerimientos del cliente. Adicionalmente debe ofrecer al personal confort durante el recorrido.

Tabla 8. Funcion del Buseta H1 UFY916

COD FUNCION	FUNCION	DESCRIPCION MODO DE FALLA	COD MODO DE FALLA	MODO DE FALLA
F-1	Transportar 12 pasajeros a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT con una disponibilidad no menor 50%	No se puede transportar el personal a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT y la disponibilidad disminuye en 30%	1	Sistema de Potencia
			2	Sistema de Direccion
			3	Sistema electrico
			4	Sistema de Frenos
F-2	Ofrecer a los pasajeros confort durante el recorrido.	La carroseria no ofrece confort a los pasajeros	5	Sistema de accesorios

6.4.1.1. Especificaciones técnicas:

De acuerdo a la información recopilada en la tarjeta maestra para la BUSETA con placa UFY-916 (Tabla 8), se identifican los datos básicos y las especificaciones técnicas del vehículo (figura 10).

Tabla 9. Tarjeta Maestra Busesta placa UFY-916

TARJETA MAESTRA MICROBUS UFY 916			
CHASIS		DATOS IDENTIFICACION VEHICULO	
N CHASIS	KMJWA37HABU314541	Nº BUS	453
MARCA	HYUNDAI	PLACA	UFY916
MODELO	2011	PROPIETARIO	MYCTRANSPORTES
N MOTOR	D4BHA060688		
PARTICULARIDADES			
ALTURA			
CARGA MAX	12 PASAJ	CARROCERÍA	
SUSPENSIÓN TRASERA	NO	MARCA	HYUNDAI
DEPÓSITOS COMBUSTIBLE	19, Galones	MODELO	2011
CAJA BATERÍAS	27 - 950	CAPACIDAAD	12 PASJ
5ª RUEDA	4	DIMENSIONES	
EJES	1	FABRICANTE TIPO	HYUNDAI
FRENOS	ABS		

Figura 13. Especificaciones dimensiones y capacidad

ESPECIFICACIONES TECNICAS*

(*) Datos de fábrica sujetos a cambios sin previo aviso.

Descripción	H1 CRDI 12P 6MT (Manual)		H1 CRDI 12P 5AT (Automática)	H1 NAFTA 12P 4AT (Automática)
	Full	Full Premium	Full Premium	Full Premium
MOTOR	2.5 CRDI WGT 4 cil		2.5 CRDI VGT (AT) 4 cil.	2.5 NAFTA (AT) 4 cil.
Cilindrada (cc)	2497		2359	
Diámetro y Carrera (mm)	91 / 96		88 / 97	
Máxima Potencia CV / rpm	136 @ 3600		170 @ 3800	175 @ 6000
Máximo Torque Kgm/ h	34,3 @ 1500-2500		44.4 @ 2000 - 2250	23 @ 4200
Mínimo Radio de Giro (m)	5.6			
PESOS Y CAPACIDADES				
Peso en orden de marcha	2250 / 2265 Kg		2162 Kg	
Peso máximo	3185 Kg		3030 Kg	
Capacidad del Tanque de Combustible (Lts)	75			
TRANSMISIÓN				
Caja de velocidades	Manual de 6 velocidades y marcha atrás		Automática de 5 velocidades y marcha atrás	Automática de 4 velocidades y marcha atrás
Tracción	Trasera			
FRENOS (Asistido)				
Delanteros	Discos Ventilados			
Traseros	Discos sólidos			
NEUMÁTICOS				
Neumáticos delanteros / traseros	215 / 70 R 16C			
SUSPENSIÓN				
Delantera y trasera	Delantera: Tipo independiente con barra de torsión y amortiguadores a gas Trasera: Resortes, 5 articulaciones con amortiguadores a gas			



Fuente. <http://www.hyundai.com.ar/siscont/multimedia/fichastecnicas/archivo.jpg>

6.4.2. Sistemas BUSETA H-1

La buseta H-1 está constituida por sistemas que trabajan de manera conjunta con el fin de garantizar la disponibilidad requerida. Se definen los siguientes sistemas principales y sub sistemas a analizar en el modelo:

1. Sistema de potencia
 - Motor Hyundai
 - Admisión y escape
 - Control eléctrico motor
 - Enfriamiento
 - Lubricación
 - Combustible
 - Transmisión
 - Diferencial
2. Sistema de dirección
3. Sistema de eléctrico
4. Sistema de frenos
5. Sistemas de accesorios

6.5. MODELO RCM PARA LA FLOTA DE CAMIONETAS 4X4

Figura 14. Camioneta 4X4



Fuente http://www.toyota.com.ar/cars/new_cars/hilux/specs.aspx

6.5.1. Función:

La camioneta Toyota 4X4, su función principal es el transporte de 4 pasajeros, a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT, garantizando la disponibilidad por 24 horas de lunes a sábado de acuerdo a los requerimientos del cliente. Adicionalmente debe ofrecer al personal confort durante el recorrido.

Tabla 10. Funcion del camioneta 4X4 SZT-904

COD FUNCION	FUNCION	DESCRIPCION MODO DE FALLA	COD MODO DE FALLA	MODO DE FALLA
F-1	Transportar 4 pasajeros a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT con una disponibilidad no menor	No se puede transportar el personal a las estaciones de Ecopetrol pertenecientes a la VIT y la disponibilidad	1	Sistema de Potencia
			2	Sistema de Direccion
			3	Sistema electrico
			4	Sistema de Frenos
F-2	Ofrecer a los pasajeros confort durante el recorrido.	La carroseria no ofrece confort a los pasajeros	5	Sistema de accesorios

6.5.1.1. Especificaciones técnicas:

De acuerdo a la información recopilada en la tarjeta maestra para la CAMIONETA con placa SZT-904 (Tabla 10), se identifican los datos básicos y las especificaciones técnicas del vehículo (figura 10).

Tabla 11. Tarjeta Maestra camioneta placa SZT-904

TARJETA MAESTRA CAMIONETA SZT904					
CHASIS			DATOS IDENTIFICACION VEHICULO		
N CHASIS	MROFR22G6B0586004		Nº BUS	3158	
MARCA	TOYOTA		PLACA	SZT904	
MODELO	2011		PROPIETARIO	MYCTRANSPORTES	
N MOTOR	2KD6722962				
PARTICULARIDADES					
ALTURA					
CARGA MAX	5 PASJ+895 KGMS				
SUSPENSIÓN TRASERA	NO		CARROCERÍA		
DEPÓSITOS COMBUSTIBLE	16,8, Galones		MARCA	TOYOTA	
CAJA BATERÍAS	27 - 950		MODELO	2011	
5ª RUEDA	4		CAPACIDAAD	5PASJ + 1000 KGMS	
EJES	1		DIMENSIONES		
FRENOS	ABS		FABRICANTE TIPO	TOYOTA	

Figura 15. Especificaciones dimensiones y capacidad

	DX Pack Eléctrico	SR	SRV	SRV 5AT	SRV NAFTERA
Motor					
Modelo	TOYOTA 2.5 D-4D (2KD-FTV)	TOYOTA 3.0 D-4D (1KD-FTV)	TOYOTA 3.0 D-4D (1KD-FTV)	TOYOTA 3.0 D-4D (1KD-FTV)	TOYOTA 2.7 VVT-i (2TR-FE)
Tipo	Diesel, 4 cilindros en línea con turbocompresor e intercooler.	Diesel, 4 cilindros en línea con turbocompresor de geometría variable (TGV) e intercooler.	Diesel, 4 cilindros en línea con turbocompresor de geometría variable (TGV) e intercooler.	Diesel, 4 cilindros en línea con turbocompresor de geometría variable (TGV) e intercooler.	Naftero, 4 cilindros en línea
Cilindrada (cm³)	2494	2982	2982	2982	2694
Diámetro y carrera de pistón (mm)	92,0 x 93,8	96,0 x 103,0	96,0 x 103,0	96,0 x 103,0	95,0 x 95,0
Relación de compresión	17,4:1	17,9:1	17,9:1	17,9:1	9,6:1
Alimentación	Inyección directa electrónica tipo Common Rail.	Inyección directa electrónica tipo Common Rail.	Inyección directa electrónica tipo Common Rail.	Inyección directa electrónica tipo Common Rail.	Inyección Electrónica Multipunto
Potencia máxima (CV (kw) /rpm)	120 (88) / 3.600	171 (126) / 3.600	171 (126) / 3.600	171 (126) / 3.600	160 (118) / 5200
Torque máximo (Nm /rpm)	325 / 2.000	343 / 1.400 - 3.400	343 / 1.400 - 3.400	343 / 1.400 - 3.400	241 / 3800
Transmisión					
Tipo	Manual de 5 velocidades.	Manual de 5 velocidades.	Manual de 5 velocidades.	Automática de 5 velocidades con control electrónico ECT	Manual de 5 velocidades.
Tracción	4x2, 4x4 y 4x4 reducida con accionamiento mecánico y diferencial trasero de deslizamiento limitado (LSD)	4x2, 4x4 y 4x4 reducida con accionamiento mecánico, ADD (Desconexión automática de diferencial) y diferencial trasero de deslizamiento limitado (LSD)	4x2, 4x4 y 4x4 reducida con accionamiento mecánico, ADD (Desconexión automática de diferencial) y control de tracción (TRC)	4x2, 4x4 y 4x4 reducida con accionamiento mecánico, ADD (Desconexión automática de diferencial) y control de tracción (TRC)	4x2, 4x4 y 4x4 reducida con accionamiento mecánico y diferencial trasero de deslizamiento limitado (LSD)
Chasis					
Suspensión Delantera	Independiente con doble brazo de suspensión, resortes helicoidales y barra estabilizadora.	Independiente con doble brazo de suspensión, resortes helicoidales y barra estabilizadora.	Independiente con doble brazo de suspensión, resortes helicoidales y barra estabilizadora.	Independiente con doble brazo de suspensión, resortes helicoidales y barra estabilizadora.	Independiente con doble brazo de suspensión, resortes helicoidales y barra estabilizadora.
Suspensión Trasera	Eje rígido, con elásticos longitudinales y amortiguadores telescópicos.	Eje rígido, con elásticos longitudinales y amortiguadores telescópicos.	Eje rígido, con elásticos longitudinales y amortiguadores telescópicos.	Eje rígido, con elásticos longitudinales y amortiguadores telescópicos.	Eje rígido, con elásticos longitudinales y amortiguadores telescópicos.
Dirección Tipo	Hidráulica de piñón y cremallera.	Hidráulica de piñón y cremallera.	Hidráulica de piñón y cremallera.	Hidráulica de piñón y cremallera.	Hidráulica de piñón y cremallera.
Frenos Delanteros	Discos ventilados con ABS.	Discos ventilados con ABS.	Discos ventilados con ABS.	Discos ventilados con ABS.	Discos ventilados con ABS.
Frenos Traseros	Tambor con ABS.	Tambor con ABS.	Tambor con ABS.	Tambor con ABS.	Tambor con ABS.

Fuente. http://www.toyota.com.ar/cars/new_cars/hilux/specs.aspx

6.5.2. Sistemas CAMIONETA 4X4

La camioneta 4X4 está constituida por sistemas que trabajan de manera conjunta con el fin de garantizar la disponibilidad requerida. Se definen los siguientes sistemas principales y sub sistemas a analizar en el modelo:

1. Sistema de potencia
 - Motor Hyundai
 - Admisión y escape
 - Control eléctrico motor
 - Enfriamiento
 - Lubricación
 - Combustible
 - Transmisión
 - Diferencial
2. Sistema de dirección
3. Sistema de eléctrico
4. Sistema de frenos
5. Sistemas de accesorios

7. PROPUESTA MODELO DE IMPLEMENTACION RCM

7.1. TIPO DE TAREAS

Las tareas están encaminadas a evitar la salida de servicio de los vehículos garantizando la disponibilidad y confiabilidad del parque automotor. Utilizando los tiempos en que los vehículos se encuentren en stand by o en los periodos de descanso de los conductores para la ejecución de las inspecciones y valoración del mantenimiento a ejecutar.

Po lo tanto se debe garantizar que las tareas a ejecutar sean planeadas, programadas y ejecutadas, con el fin de garantizar la efectividad de las mismas.

Esta se ejecutará en un tiempo óptimo con el fin de garantizar la disponibilidad y confiabilidad del parque automotor.

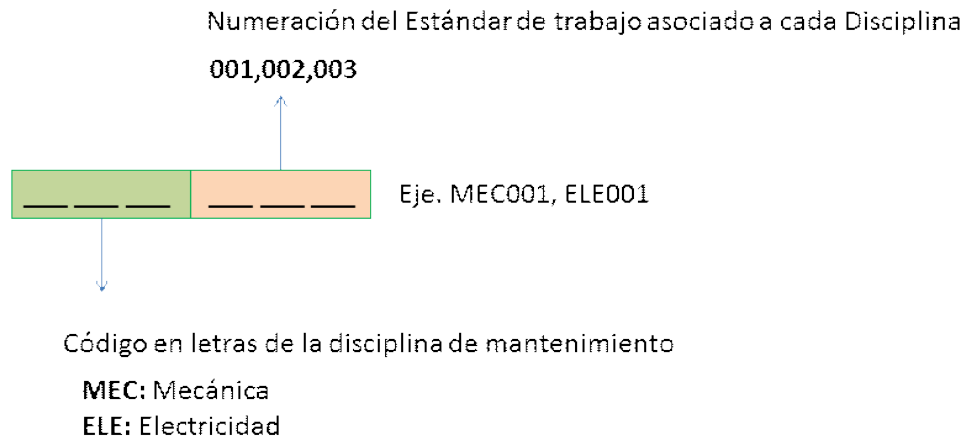
7.2. CODIFICACIÓN

Para efectos de identificación de los vehículos se tomó el número de placa del vehículo que se constituye en un único dato. La estrategia del mantenimiento se dividió en las siguientes partes:

PM - plan de mantenimientos: Se asignará un plan de mantenimiento a cada tipo de vehículo con una frecuencia de ejecución y un estándar de mantenimiento asociado el cual contendrá las tareas a realizar y el listado suministros requeridos para la ejecución del mismo.

Los estándares de mantenimientos estarán codificados de acuerdo a la disciplina que se ejecutará, así:

Figura 16. Codificación estandar de trabajo



Dentro de cada estándar se registraran las tareas relacionadas con la ejecución de la actividad de acuerdo a la información recopilada de los catálogos del fabricante y las rutinas que se encontraban implementadas (Tabla 1). Ejemplo: MEC001-001 Limpieza y retiro tapón de llenado.

Tabla 12. Tareas de mantenimiento

Codigo del Estandar de MTTO	Num. Tarea	Descripción de la tarea
MEC001	001	Limpieza y retiro tapón de Llenado
	002	Cocar recipiente debajo del Cárter para vaciar el aceite
	003	Retirar Tapón de Drenado del Cárter de Aceite
	004	Desmonte el filtro de aceite
	005	Recubra ligeramente la junta del filtro de aceite nuevo con aceite de motor limpio
	006	Instale el filtro de aceite nuevo utilizando la llave especificada, dando una vuelta
	007	Instalar y ajustar tapón de drenado de Cárter y tapón de Filtro
	008	Instalar y ajustar tapón de Filtro
	009	Retirar varilla indicadora de nivel de aceite
	010	Aplicar Aceite
	011	Instalar varilla indicadora de Aceite y tapón de Llenado
	012	Arranque el motor 5 Minutos después de reaprovisionar el aceite, funcionando en marcha mínima
	013	Comprobar que no queden fugas alrededor de filtro de aceite y tapón de llenado
	014	Apague motor, espere de 20 a 30 minutos y verifique nuevamente nivel de aceite.
MEC002	001	Verifique que el motor se encuentre lo suficientemente frio
	002	Verificar nivel del refrigerante "MAX" y "MIN"
	003	Compruebe que no haya fugas en el radiador o mangueras
	004	Compruebe que no haya manchas o líquidos en el piso que indique fugas
	005	Si el nivel es demasiado bajo abra el tapón del tanque y llénelo hasta la línea "MAX"

Así mismo se codifican los insumos de acuerdo al historial de consumo, ordenes de mantenimientos, registros de compras y recomendaciones de los catálogos emitidos por los fabricantes (Tabla 5).

Tabla 13. Insumos para mantenimiento

INSUMO DE HYUNDAI		
INSUMO	REFERENCIA	CANTIDAD
Aceite	15W40	5 Cuartos Y 1/2
Filtro De Aire Acondicionado	HCC52020	1
Filtro De Aire motor	ATT584	1
Filtro De aceite	HCX7	1
Filtro De combustible	HCA0210	1
Filtro De trampa	FLPFS1241	1
LLANTAS	235/75/R16	4
PASTILLAS	10285	1

7.3. RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Una vez concluido el listado de actividades, se procede a compilarlas según el área a la que pertenezcan y su frecuencia, en rutinas o “paquetes” de tareas preventivas aplicación periódica, la tabla 3 muestra el listado de rutinas con su respectiva codificación y frecuencia.

Tabla 14. Rutinas de mantenimiento

Codigo del Estandar	Descripcion del Estandar de MTTO
MEC001	Cambio de Aceite
MEC002	Inspeccion Refrigerante del motor
MEC003	Cambio de refrigerante
MEC004	Inspeccion Banda del ventilador diaria
MEC005	Ajuste banda ventilador
MEC006	Reemplazo banda ventilador
MEC007	Limpieza y cambio filtro de aire
MEC008	Cambio del filtro de combustible

7.4. SISTEMA DE INFORMACION

Se diseñó un sistema de información en el que se cargaron las tablas descritas en el capítulo anterior correspondientes a la estrategia de mantenimiento preventiva para cada uno de los vehículo de la empresa M&C Transportes Ltda.

El sistema de información permite al usuario llevar el control de los mantenimientos a ejecutar por cada vehículo de acuerdo a la frecuencia establecida en la estrategia y la programación en tiempo real teniendo en cuenta el kilometraje recorrido por equipo. Una vez se cuente con la estrategia recopilada de los manuales¹, relacionadas a una rutina de mantenimiento y un vehículo específico, se procede a la actualización del kilometraje del vehículo a consultar.

A continuación se muestra el método de busca del usuario:

Tabla 15. Rutinas de mantenimiento

Placa de Veh	Codigo Estandar de	Descripción Esta	Frecuen	Tacometro Ultimo N	No Tar	Descripción de la tarea
≡ SXB-365	≡ MEC001	≡ Cambio de Aceite	≡ 6000	≡ 236775	≡ 1	Limpieza y retiro tapón de Llenado
					≡ 2	Cocar recipiente debajo del Cárter para vaciar el aceite
					≡ 3	Retirar Tapón de Drenado del Cárter de Aceite
					≡ 4	Desmante el filtro de aceite
					≡ 5	Recubra ligeramente la junta del filtro de aceite nuevo con aceite de motor limpio
					≡ 6	Instale el filtro de aceite nuevo utilizando la llave especificada, dando una vuelta
					≡ 7	Instalar y ajustar tapón de drenado de Cárter y tapón de Filtro
					≡ 8	Instalar y ajustar tapón de Filtro
					≡ 9	Retirar varilla indicadora de nivel de aceite
					≡ 10	Aplicar Aceite
					≡ 11	Instalar varilla indicadora de Aceite y tapón de llenado
					≡ 12	Arranque el motor 5 Minutos después de reaprovisionar el aceite, funcionando er
					≡ 13	Comprobar que no queden fugas alrededor de filtro de aceite y tapón de llenado
					≡ 14	Apague motor, espere de 20 a 30 minutos y verifique nuevamente nivel de aceite.
≡ TKH-942	≡ MEC002	≡ Cambio Refrigera	≡ 5000	≡ 236700	≡ 1	Verifique que el motor se encuentre lo suficientemente frío
					≡ 2	Verificar nivel del refrigerante "MAX" y "MIN"
					≡ 3	Compruebe que no haya fugas en el radiador o mangueras
					≡ 4	Compruebe que no haya manchas o líquidos en el piso que indique fugas
					≡ 5	Si el nivel es demasiado bajo abra el tapón del tanque y llénelo hasta la línea "MAX"

Figura 17. Codificación estandar de trabajo

ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO MC

Vehículo: SXB-365 Imprimir Orden de Trabajo

Rutinas de Mantenimiento

Placa de Vehículo	Codigo Estandar de MTO	Descripción Estanda	Tipo MTO	Frecuencia	Tacometro Ultimo MTO	Tacometro Equipo	Tacometro Proximo MTO	Km R
SXB-365	MEC001	Cambio de Aceite	PV	6000	236775	242760	242775	
SXB-365	MEC002	Inspeccion Refrigerante	PV	6000	236775	242760	242775	
SXB-365	MEC003	Cambio de refrigerante	PV	42000	236775	242760	278775	
SXB-365	MEC004	Inspeccion Banda del ve	PV	6000	236775	242760	242775	

Registro: 1 de 8 Sin filtro Buscar

MEC001 Cambio de Aceite

Tareas de Mantenimiento			Insumos de Mantenimiento			
No Tarea	Descripción de la tarea	Duración en Horas	Cod Insumo	Descripción del Insumo	Cantidad	Unidad Medida
1	Limpieza y retiro tapón de Llenado		IS001	Aceite	11	Litros
2	Cocar recipiente debajo del Cárter para vaciar el aceite		IS004	Llantas	2	EA
3	Retirar Tapón de Drenado del Cárter de Aceite		IS003	Rodamiento	4	EA
4	Desmante el filtro de aceite					
5	Recubra ligeramente la junta del filtro de aceite nuevo con acei					
6	Instale el filtro de aceite nuevo utilizando la llave especificada,					
7	Instalar y ajustar tapón de drenado de Cárter y tapón de Filtro					
8	Instalar y ajustar tapón de Filtro					
9	Retirar varilla indicadora de nivel de aceite					

Registro: 1 de 14 Sin filtro Buscar

7.5. FORMATO PARA ORDEN DE TRABAJO (OT)

Una orden de trabajo en la unión de toda la información requerida para realizar un labor de mantenimiento preventivo determinado de acuerdo a la estrategia establecida por vehículo. Esta puede ser generada por las siguientes condiciones:

Mantenimiento planeado: Dentro del sistema de información implementado se ha configurado un plan de mantenimiento de acuerdo al kilometraje recorrido donde da una alerta cuando el equipo se encuentre próximo a cumplir el tiempo para el próximo mantenimiento.

Mantenimientos de 360°: son las rutinas diarias de mantenimiento donde el operador realiza una inspección al vehículo con el fin de validar condiciones e identificar alguna anomalía presente.

Mantenimiento correctivo: En caso de presentarse un mantenimiento no planeado o un mantenimiento correctivo, el usuario podrá realizara la búsqueda del estándar de trabajo que aplique e imprimir la orden de trabajo.

La orden de trabajo incluye la información necesaria para realizar una actividad de mantenimiento.

Figura 18. Codificación estandar de trabajo

ORDEN DE TRABAJO

No. _____

martes, 28 de julio de 2015

Placa de Vehículo	SVG-365	Tacómetro Último MTTD	226775	Tacómetro Próximo MTTD	242775
Tipo MTTD	P/	Tacómetro Equipo	242760	Km. Rodado a	5965
Estándar de MTTD	MG001	Frecuencia	6000	Alerta	Programar Mantenimiento
Descripción Estándar: Cambio de Aceite					

Tareas de Mantenimiento			Insumos de Mantenimiento		
No. Tarea	Descripción Tarea	Duración (hr)	Cod. Insu.	Descripción Insumo	Cantidad
1	Limpieza y retiro tapón de llenado		IS001	Aceite	11 Litros
2	Conectar lente debajo del cárter para vaciar el aceite		IS004	Uñas	2EA
3	Retirar Tapón de Drenado del Cáster de Aceite		IS002	Rodamiento	4EA
4	Desmonta el filtro de aceite				
5	Recubre ligeramente la junta del filtro de aceite nuevo con aceite de motor limpio				
6	Instale el filtro de aceite nuevo utilizando la llave especificada, dando una vuelta				
7	Instalar y ajustar tapón de drenado de Cáster y tapón de Filtro				
8	Instalar y ajustar tapón de Filtro				
9	Retirar varilla Indicadora de nivel de aceite				
10	Aplicar Aceite				
11	Instalar varilla Indicadora de Aceite y tapón de llenado				
12	Abranque el motor 5 Minutos después de re aprovisionar el aceite, fundiendo en marcha mínima				
13	Compruebe que no queden fugas alrededor de filtro de aceite y tapón de llenado				
14	Apague motor, espere de 20 a 30 minutos y verifique nuevamente nivel de aceite.				

Conductor

Jefe Operaciones

Ejecutor

8. CONCLUSIONES

- Con la implementación de las herramientas de análisis del RCM se ha logrado diseñar un modelo de gestión de mantenimiento para el parque automotor de la empresa M&C Transportes SAS que asegure la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.
- Utilizando la metodología propuesta por el RCM, se realiza una matriz de requerimientos donde se desglosan los sistemas principales, sub-sistemas, función que cumplen cada uno de ellos y modos de fallas, con el objetivo de generar planes de mantenimientos acordes a los requerimientos identificados; garantizando que el equipo cumpla la función principal para lo que fue adquirido.
- Con la metodología aplicada en el desarrollo del proyecto se identificaron los sistemas de mayor criticidad e impacto en la empresa si estos llegasen a fallar. Permitiendo atacar de manera puntual los sistemas que requieren ser atendidos y no todo los sistemas del vehículo, disminuyendo costos y paradas generadas por mantenimiento con la implementación del este modelo.
- Con el desarrollo de la metodología RCM se identificaron tipo de fallas que anteriormente habían impactado la disponibilidad de los vehículos en la compañía, los cuales se identificaron, clasificaron, se estructuraron los modos de falla, se implementaron rutinas de mantenimiento con un frecuencias de acuerdo a los manuales del fabricante y la información recolectada en taller realizados con el equipo operaciones y mantenimiento de la empresa.
- Se identificaron sobre costos en los que incuria la empresa por ejecución de mantenimientos con una frecuencia menor que la establecida por el fabricante, lo cual se optimizo con la estrategia realizada. Implementado la estrategia propuesta se obtendrá un ahorro del 17% anual por cambios de aceites en vehículos tipo Bus.
- Se recomendó diseñar un sistema de capacitación para los operadores de los vehículos en mecánica básica y cuidado del vehículo, con el

objetivo de implementar rutinas de 360° propuestas en la estrategia. Ya que en los talleres realizados se identificaron modelos de fallas asociados a malas prácticas operativas.

BIBLIOGRFIA

- ACIEM. (2012). Diplomado en gestión y control de mantenimiento. Juan Carlos Duarte Holguín.
- GARCÍA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. Recuperado de <http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/Que+es+RCM>
- ISO 14224:2006. (2006). Petroleum petrochemical and natural gas industries and exchange of reliability and maintenance data for equipment.
- KARDEC NASCIF, Alan. Mantenimiento: Función estratégica
- MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento: Planeación, ejecución y control. Pág. 67
- NORMAS APA. Centro de escritura Javeriano
- LINERO BOLAÑO, Carlos Andres, & OTERO FERNANDEZ, Andres Felipe. (2014). Modelo de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para la flota de camiones 789C Caterpillar y su impacto en la disponibilidad en una empresa del sector minero en el departamento del Cesar. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- MONTES VILLADA, Juan David. Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de integra S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira 2013.

- MOUBRAY, John. (1998). Introducción al MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIBAILIDAD. SQL, SYSTEMS CARIBBEAN NV. Edición única. capitulo RS 300.
- M&C TRANSPORTES SAS. (2004). Documentos institucionales M&C Transportes S.A.S.
- PRINCIPIOS BÁSICOS A DESARROLLAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RCM. Recuperado de http://www.emagister.com/frame.cfm?id_user=37808020051070486868574868494568&id_centro=43204110021466565570676950524550&id_curso=54875040030768544853546754664554&url_frame=http://www.monografias.com/trabajos10/implan/implan.shtml
- SAE JA1011. (1999). Standard for Reliability Centered Maintenance (RCM).
- www.rcm-confiabilidad.com.ar

TARJETA MAESTRA MICROBUS TTO995

CHASIS		DATOS IDENTIFICACION VEHICULO	
N CHASIS	WV1ZZZ2EZE6001125	Nº BUS	208
MARCA	VOLKSWAGEN	PLACA	TTO995
MODELO	2014	PROPIETARIO	MYCTRANSPORTES
N MOTOR	E6001125CM		
PARTICULARIDADES			
ALTURA			
CARGA MAX	14 PASJ		
SUSPENSIÓN TRASERA	NO		
DEPÓSITOS COMBUSTIBLE	26, Galones		
CAJA BATERÍAS	30H 1000		
5ª RUEDA	4		
EJES	1		
FRENOS	ABS		
		CARROCERÍA	
		MARCA	VOLKSWAGEN
		MODELO	2014
		CAPACIDAAD	14 PASAJE
		DIMENSIONES	
		FABRICANTE TIPO	VOLKSWAGEN

TARJETA MAESTRA MICROBUS UFY 916

CHASIS		DATOS IDENTIFICACION VEHICULO	
N CHASIS	KMJWA37HABU314541	Nº BUS	453
MARCA	HYUNDAI	PLACA	UFY916
MODELO	2011	PROPIETARIO	MYCTRANSPORTES
N MOTOR	D4BHA060688		
PARTICULARIDADES			
ALTURA			
CARGA MAX	12 PASAJ		
SUSPENSIÓN TRASERA	NO		
DEPÓSITOS COMBUSTIBLE	19, Galones		
CAJA BATERÍAS	27 - 950		
5ª RUEDA	4		
EJES	1		
FRENOS	ABS		
		CARROCERÍA	
		MARCA	HYUNDAI
		MODELO	2011
		CAPACIDAAD	12 PASJ
		DIMENSIONES	
		FABRICANTE TIPO	HYUNDAI

TARJETA MAESTRA MICROBUS WCS211

CHASIS		DATOS IDENTIFICACION VEHICULO	
N CHASIS	WV1ZZZ7HZEH001056	Nº BUS	255
MARCA	VOLKSWAGEN	PLACA	WCS211
MODELO	2014	PROPIETARIO	MYCTRANSPORTES
N MOTOR	CAA518996		
PARTICULARIDADES			
ALTURA			
CARGA MAX	17 PASAJ		
SUSPENSIÓN TRASERA	NO		
DEPÓSITOS COMBUSTIBLE	19, Galones		
CAJA BATERÍAS	27 - 950		
5ª RUEDA	4		
EJES	1		
FRENOS			
		CARROCERÍA	
		MARCA	VOLKSWAGEN
		MODELO	2011
		CAPACIDAAD	17 PASAJ
		DIMENSIONES	
		FABRICANTE TIPO	VOLKSWAGEN

TARJETA MAESTRA CAMIONETA SZT904

CHASIS		DATOS IDENTIFICACION VEHICULO	
N CHASIS	MROFR22G6B0586004	Nº BUS	3158
MARCA	TOYOTA	PLACA	SZT904
MODELO	2011	PROPIETARIO	MYCTRANSPORTES
N MOTOR	2KD6722962		
PARTICULARIDADES			
ALTURA			
CARGA MAX	5 PASJ+895 KGMS		
SUSPENSIÓN TRASERA	NO		
DEPÓSITOS COMBUSTIBLE	16,8, Galones		
CAJA BATERÍAS	27 - 950		
5ª RUEDA	4		
EJES	1		
FRENOS	ABS		
		CARROCERÍA	
		MARCA	TOYOTA
		MODELO	2011
		CAPACIDAAD	5PASJ + 1000 KGMS
		DIMENSIONES	
		FABRICANTE TIPO	TOYOTA

TARJETA MAESTRA CAMIONETA TFR585

CHASIS		DATOS IDENTIFICACION VEHICULO	
N CHASIS	8AJFR22G9D4558920	Nº BUS	1005
MARCA	TOYOTA	PLACA	TFR585
MODELO	2013	PROPIETARIO	MARIA CRISTINA B
N MOTOR	2KD5652988		
PARTICULARIDADES			
ALTURA			
CARGA MAX	5 PASJ+895 KGMS		
SUSPENSIÓN TRASERA	NO		
DEPÓSITOS COMBUSTIBLE	16,8, Galones		
CAJA BATERÍAS	27 - 950		
5ª RUEDA	4		
EJES	1		
FRENOS	ABS		
		CARROCERÍA	
		MARCA	TOYOTA
		MODELO	2013
		CAPACIDAAD	5PASJ + 1000 KGMS
		DIMENSIONES	
		FABRICANTE TIPO	TOYOTA

ANEXO B. RCM Buseta FRR CHEVROLET

Tipo de Vehículo	Placa	#	Sistema	#	Función	#	Función de Sub-sistemas	#	Falla Funcional	#	Modo de falla	Efecto de Falla	Causa Falla	Parte / Componente	Tipo Mantenimiento	Tarea de mantenimiento	Ejecución	Frecuencia (Horas /Años)	Nombre de la MST				
Vehículo Automotriz 5 (Bus)	SXB63	1	Sistema de Potencia	1.1	Provee hasta 187 HP x2600 RPM en el eje de salida	1.1.1	Admisión Suministrar la cantidad adecuada de aire filtrado para la combustión del motor.	1.1.1.1	El aire no llega a los cilindros	1.1.1.1.1	Filtro de aire saturado	El filtro de aire saturado no deja pasar la cantidad de aire necesaria para la mezcla aire-combustible ideal dando problemas en la combustión.	Suciedad	Filtros Aire	PV	Limpiar o cambiar filtros de aire.	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM				
										1.1.1.1.2	Conductos obstruidos	Los conductos obstruidos no dejan pasar la cantidad de aire necesaria para la mezcla aire-combustible ideal dando problemas en la combustión.	Suciedad	Filtros Aire	PV	Revisar y limpiar ductos de aire	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM				
										1.1.1.2	El aire llega a los cilindros sin filtrar	1.1.1.2.1	Filtro de aire roto	El filtro de aire roto deja pasar partículas que producen el desgaste de los pistones y las camisas de los cilindros.	Filtro colapsado	Filtros Aire	PV	Cambiar filtros de aire.	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM		
												1.1.1.2.2	Ductos de admisión rotos o flojos	Los ductos rotos o sueltos, dejan pasar partículas que producen el desgaste de los pistones y las camisas de los cilindros.	Corrosión, contaminación	Múltiples de admisión	PV	Revisar mangueras y ductos de aire	operador del Vehículo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM		
										1.1.2	Camaras de Combustion : Comprimir la mezcla	1.1.2.1	El aire-combustible no alcanza la presión especificada	1.1.2.1.1	Baja eficiencia de turbo	Problemas en el turbocompresor hacen que el aire no llegue con la presión especificada al proceso de combustión causando una	Vibración, Desgaste de componentes internos	Turbocargador	PV	Verificar tolerancias del turbocompresor	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM
																		CO	Cambio de turbocargador	Taller Externo			

										1.1.2.1.2	Culata fisurada	La culata fisurada puede producir fugas de aire-combustible en la cámara de combustión que no permiten que se alcance la presión necesaria en el trabajo de	Alta temperatura Desgaste componentes	Culatas	OP	Revisar temperatura del motor e Inspeccionar fugas	operador del Vehículo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° MEC MOT DIESEL
										CO	Cambiar culata	Taller Externo							
										PV	Toma de Compresión	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM					
										1.1.2.1.3	Camisa del cilindro fisurada	Una grieta en la camisa de un cilindro hace que el aire-combustible en la cámara de combustión no alcance la presión necesaria en el trabajo de	Cavitación, desgaste componentes	Camisas	OP	Comprobación del nivel de agua e Inspeccionar mangueras	operador del Vehículo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° MEC MOT DIESEL
										CO	Cambiar camisas	Taller Externo							
										PV	Toma de Compresión	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM					
										1.1.2.1.4	Fallo en empaques de camisa	Una falla en los empaques de camisa genera problemas de estanqueidad del cilindro provocando que la compresión no se realice correctamente y causando problemas en la combustión y presurización del carter	Suciedad, contaminación						
										1.1.2.1.5	Válvulas descalibradas	La descalibración de Válvulas generan deficiencia en la apertura y cierre, por lo que no introducen el aire-	Válvulas descalibradas	Culata	PV	Realizar calibración de Válvulas	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM
										CO	Cambiar culata	Taller Externo							
PV	Toma de Compresión	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM															

						1.1.3.2	El combustible alcanza una presión inferior a la mínima	1.1.3.2.1	Calibración del inyector bajo	Un tarado bajo del inyector hace que el combustible entre en el cilindro a una presión menor de la necesaria produciendo problemas en la combustión.	Sincronización incorrecta	Inyectores	PV	Revisión y calibración de los inyectores	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM
								1.1.3.2.2	Fugas en línea	Las pérdidas en la línea de combustible hacen que el combustible no alcance la presión adecuada y que haya falta de combustible en el sistema dando problemas en la combustión.	Fugas, rupturas, Corrosión		PV	Revisar el sistema de inyección	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM
								1.1.3.2.3	Aguja del inyector pegada y abierta	La aguja del inyector pegada en posición abierta hace que el combustible no entre pulverizado ni con la presión necesaria produciendo una combustión defectuosa y un consumo excesivo.	contaminación		PV	Revisión de las bomba de inyección	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM
								1.1.3.2.5	Fisuras en el ducto de admisión	Falta de presión en el motor o baja aceleración	Fisuras	Bomba inyección	PV	Revisión de la bomba inyección combustible	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM
													PV	Revisar el sistema de inyección	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM
								1.1.3.2.6	Filtro de combustible obstruido	El filtro de combustible obstruido no deja pasar el combustible provocando una bajada de presión del combustible en el circuito y con ello	contaminación		CO	Cambio de la bomba inyección (Por Condición)	Taller Externo		
													PV	Limpiar filtro de combustible	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM
													PV	Cambio filtro de combustible	Taller Externo	18000	Mantenimiento de los 18000 KM

					1.1.4	Lubricación: Lubricar las partes móviles del motor	1.1.4.1	Reducción de la presión del lubricante	1.1.4.1.1	Aceite con pérdida de viscosidad	El aceite diluido no tiene las mismas propiedades que el aceite normal por lo que no circula por el motor con la presión correcta produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.	Degradación	Aceite	PV	Cambio de aceite lubricante	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM
									1.1.4.1.2	Pérdida de la eficiencia del sistema de refrigeración, con el calentamiento excesivo del aceite	El calentamiento del aceite hace que pierda sus propiedades por lo que no circula por el motor con la presión correcta produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.	Degradación						
									1.1.4.1.3	Desgaste crítico de los cojinetes de bancada lubricados a presión	El desgaste de estos cojinetes hace que el aceite que circula por ellos no salga con la presión necesaria al motor produciendo rozamiento y desgaste de las piezas del motor.	Degaste de cojinetes	Cojinetes	OP	Verificación del nivel y temperatura de aceite	operador del Vehículo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° MEC MOT DIESEL
									1.1.4.1.4	Filtro de aceite obstruido	El filtro de aceite obstruido no deja pasar el aceite causando que no entre al motor con la presión adecuada, lo cual produce rozamiento y desgaste en las piezas del motor, pudiendo llegar al gripado.	Degradación						

				1.1.5	Enfriamiento: Refrigerar las partes calientes para situar al motor a la temperatura de funcionamiento óptimo	1.1.5.1	Sobrecalentamiento	1.1.5.1.1	Falta de refrigerante	La falta de refrigerante evita que se pueda enfriar el motor produciendo el sobrecalentamiento.	Fugas		OP	Comprobación del nivel de refrigerante	operador del Vehículo	300	RUTINA INSPECCIÓN N 360° MEC MOT DIESEL	
								1.1.5.1.2	Anomalías en el sistema que reducen el coeficiente de película de transferencia de calor	Si se reduce el coeficiente de película de transferencia de calor no se enfría el refrigerante y éste no enfría el motor lo suficiente para que trabaje de manera óptima.	Corrosión,		PV	Revisión y/o Cambio de termostatos	Taller Externo	42000	Mantenimiento de los 42000 KM	
									1.1.5.1.3	Bomba de agua defectuosa	La bomba de refrigerante no introduce suficiente refrigerante por lo que el motor se sobrecalienta.	Cavitación		PV	Inspección sistema de Refrigeración (Mangueras, abrazaderas, radiador y niveles. Fuga bombas de agua)	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
						1.1.5.2	Consumo de refrigerante	1.1.5.2.1	Grietas en bloque	Las grietas en el bloque pueden producir fugas de refrigerante que provocan un consumo excesivo de refrigerante y sobrecalentamiento del motor.	Alta temperatura	Bloque	CO	Cambio del Bloque	Taller Externo			
								1.1.5.2.2	Fugas a través de conductos de refrigerante	Las fugas provocan un consumo excesivo de refrigerante y sobrecalentamiento del motor.	Corrosión,		PV	Revisar el sistema de refrigeración	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM	
								1.1.5.2.3	Fugas en el Enfriador de aceite	Las fugas en el intercambiador de aceite provocan un consumo excesivo de refrigerante y sobrecalentamiento del motor.	Vibración		PV	Inspección Funcionamiento tapa radiador y tanque de expansión	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM	

					1.1.6	Escape: Recoger los gases de escape desde los cilindros y entregarlos a la atmósfera	1.1.6.1	Fuga de gases	1.1.6.1.1	Deterioro de elementos	El deterioro de las partes del sistema de escape provoca ruidos y humos al salir los gases de escape por lugares inadecuados.	Corrosión	Multiple escape	PV	Revisión del sistema de escape	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
								Restricciones al paso de los gases	1.1.6.1.2	Aplastamientos externos	La dificultad para expulsar los gases de escape del motor causa problemas en la combustión dando lugar a una marcha irregular del motor.	Manipulación inapropiada	Multiple escape					
								Restricciones al paso de los gases	1.1.6.1.3	Obstrucciones en el silenciador	La dificultad para expulsar los gases de escape del motor causa problemas en la combustión dando lugar a una marcha irregular del motor.	Carbonamiento	Exhosto					
					1.1.7	Potencia: Desarrollar la potencia especificada y mantener el consumo de combustible dentro de los márgenes especificados y emitir gases de escape dentro de los márgenes especificados	1.1.7.1	El motor no desarrolla la potencia especificada	1.1.7.1.1	Varillaje del acelerador flojo o mal ajustado	El varillaje del acelerador en mal estado produce un retraso en la entrada de combustible desde el carburador causando una respuesta lenta del motor.	Vibración	Gobernador	PV	Sincronizar (calibrar Válvulas e inyectores) motor	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM
									1.1.7.1.2	Defectos en la bomba de Combustible	Los defectos en la bomba harán que dé un suministro irregular de combustible provocando fallos en la marcha del motor y falta de potencia.	contaminación	Bomba inyección	PV	Revisar el sistema de inyección	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM

						1.1.7.4	Presencia de humo negro	1.1.7.4.1	Inyector defectuoso o mal Calibrado	Un inyector defectuoso o mal tarado puede estar introduciendo combustible en exceso o no atomizado que da problemas en la combustión y produce humo negro en los gases de escape.	Sincronización incorrecta	Inyectores	PV	Revisión y calibración de los inyectores	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM
								1.1.7.4.2	Bomba inyector defectuosa o mal reglada	Una bomba de inyección con problemas puede introducir demasiada cantidad de combustible provocando fallos en la combustión y marcha del motor y dando lugar a humo negro en los gases de escape.	Sincronización incorrecta	Bomba de inyección	PV	Revisar el sistema de inyección	Taller Externo	30000	Mantenimiento de los 30000 KM
				1.1.8	Arranque: Generar movimiento para que el motor de combustión inicie su funcionamiento	1.1.8.1	Falla del sistema de arranque.	1.1.8.1.1	Baterías descargadas	El motor Diesel no arranca por falta de corriente en el motor de arranque.	Alternador no genera carga a las baterías	Alternador	PV	Revisar sistema de carga de baterías	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
								1.1.8.1.2	Alternador no genera	El motor Diesel no arranca por falta de corriente en el motor de arranque.	Correas sueltas	Correas motor	PV	Inspeccionar correas del alternador	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
								1.1.8.1.3	Rotura del bendix por fatiga	El motor Diesel no arranca por falta de corriente en el motor de arranque.	Fatiga de material	Motor de arranque	CO	Cambio del motor de arranque	Taller Externo		
								1.1.8.1.4	Bujes de motor de arranque gastados	El motor Diesel no arranca por falta de corriente en el motor de arranque.	Desgaste normal	Motor de arranque					
								1.1.8.1.5	Escobillas del arranque gastadas en función de su propio	El motor Diesel no arranca por falta de corriente en el motor de arranque.	Desgaste normal	Motor de arranque					

2	Sistema de Dirección	2.1	Dirigir o direccionar las ruedas del vehículo de acuerdo a la intención del conductor	2.1.1	Permitir giros suaves del equipo con motor prendido	2.1.1.1	No permite el giro suave del equipo con motor prendido	2.1.1.1.1	Fuga liquido Hidraulico	Nivel de liquido hidraulico bajo por fuga en lineas/mangueras externas	Fugas	Mangeras / Empaques	PV	Cambio de liquido hidraulico	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM
								PV	Inspección del sistema de dirección	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM					
								2.1.1.1.2	Desgaste en rótulas de dirección por falta de grasa	Limitación en movimiento Motriz	Falta de lubricación	Rotula	PV	Engrace Rotula	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM
						2.1.1.1.3	Baja presión en Neumáticos	Resistencia giro del volante	Neumáticos con baja presión de inflado	Neumatico	OP	Revisar Presion Neumáticos	Operador del Vehículo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360°		
						2.1.1.2	No permite girar el equipo	2.1.1.2.1	Bloqueo de Movimiento Motriz	Bomba de dirección dañada, esto no permite realizar movimientos de vehiculo al hacer uso del volante.	Fatiga	Bomba Dirección	CO	Cambio Bomba Dirección	Taller Externo		
								2.1.1.2.2	Bloqueo de Movimiento Motriz	Vástago del cilindro de dirección doblado y/o partido por golpe externo	Fatiga de material	Vástagos	CO	Cambio de Vastagos	Taller Externo		

3	Sistema de Frenos	3.1	Detener uniformemente el Vehículo cuando se desplaza a cualquier velocidad al aplicar el pedal	3.1.1	Detener uniformemente el Vehículo cuando se desplaza a cualquier velocidad al aplicar el pedal	3.1.1.1	No detiene uniformemente el Vehículo al aplicar el pedal	3.1.1.1.1	Desgaste de Pastillas	Pastillas de frenos desgastadas, puede generar que el vehículo no frene, o no lo haga de forma uniforme.	Degaste Vida Util	Pastillas	PV	Inspección Sistema de Frenos	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM
								3.1.1.1.2	Fuga Líquido en tubería	Humedecimiento tubería de Líquido de frenos, esto genera que el nivel de líquido de frenos descienda y en consecuencia al aplicar el freno, este no frene de una forma uniforme	Fuga	Líquido de Frenos	PV	Cambio líquido de Frenos	Taller Externo	48000	Mantenimiento de los 48000 KM
								3.1.1.1.3	Fuga en Bomba	Humedecimiento tubería de Líquido de frenos, esto genera que el nivel de líquido de frenos descienda y en consecuencia al aplicar el freno, este no frene de una forma uniforme	Fuga	Bomba líquido Frenos	CO	Inspección y cambio por Condición Bomba	Taller Externo		
								3.1.1.1.4	Daño en Válvulas cámara de aire	Válvulas de las cámaras de aire dañadas, se puede generar presencia de aire en el sistema esto provoca que el vehículo no frene	Vida Util	Sellos	PV	Inspección Cámaras de aire Válvulas	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM
													PV	Inspección y Cambio Sellos Válvula.	Taller Externo	2 Años	Mantenimiento Bianual

4	Sistema Eléctrico	4.1	Combierte energía mecánica en eléctrica manteniendo un voltaje entre 24 a 27,5 voltios en los circuitos del Vehículo	4.1.1	Combierte energía mecánica en eléctrica manteniendo un voltaje entre 24 a 27,5 voltios en los circuitos del Vehículo	4.1.1.1	No suministra el voltaje a los circuitos de control del Vehículo	4.1.1.1.1	Desgaste en las correas	Ruptura de correas	Desgaste	Correa Motor Eléctrico	PV	Inspección y cambio por Condición	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
								4.1.1.1.2	Correa de accesorios destencionada	Vehículo no enciende	Uso Normal	Correas	PV	Inspección y Medición de Elongación	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
								4.1.1.1.3	Luces de advertencia e indicadores en falla	Luces de advertencia e indicadores en falla, esto puede ser un síntoma de daño en alternado, puede generar que el vehículo no encienda	Falla en el alternador	Alternador	PV	Inspección y reparación por condición	Taller Externo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° SISTEMA ELÉCTRICO
								4.1.1.1.4	Cascabeleo Motor	Perdida de potencia del motor	Falla en el alternador	Alternador	PV	Inspección y reparación por condición	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
		4.2	Almacenamiento de energía entre 12.6 v y 14.6 voltios	4.2.1	Almacenamiento de energía entre 12.6 v y 14.6 voltios	4.2.1.1	Almacena energía por debajo de 12.6 v	4.2.1.1.1	Vehículo no enciende	Falla sistema Eléctrico esto puede generar que el vehículo no encienda, o se pueden presentar problemas en el sistema de luces	Bajo nivel de ácido de batería, Borneras Sulfatadas.	Batería	OP	Inspección y reposición niveles de ácido de Batería, Limpieza Borneras	Operador del Vehículo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° SISTEMA ELÉCTRICO
													PV	Cambio Batería	Taller Externo	1 Año	Mantenimiento Anual
		4.2.1.1.2	Vehículo no enciende	Lineas de suministro abierta, en corto circuito y/o flojas	Descaste por uso normal	Cables Eléctricos	CO	Replazo Cableado Eléctrico (Por Condición)	Taller Externo								
		4.3	Permitir la visibilidad de la vía cuando el Vehículo es operado sin importar las condiciones ambientales	4.3.1	Permitir la visibilidad de la vía cuando el Vehículo es operado sin importar las condiciones ambientales	4.3.1.1	No permite la visibilidad de la vía en cualquier condición ambiental	4.3.1.1.1	Bombillas en mal estado	Bombillos en mal estado, por desgaste normal	Descaste por uso normal	Bombillas	PV	Inspección y cambio por condición Bombillas	Taller Externo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° SISTEMA ELÉCTRICO
								4.3.1.1.2	Corto sistema alimentación	Lineas de alimentación en corto, abiertas o en mal estado, esto afecta el normal funcionamiento del sistema de luces	Descaste por uso normal	Cables Eléctricos	CO	Replazo Cableado Eléctrico (Por Condición)	Taller Externo		
								4.3.1.1.3	Relé de Luces en Falla	Relé de luces delanteras defectuoso, esto puede generar que las bombillas no enciendan	Descaste por uso normal	Relé de Luces	CO	Inspección y cambio por condición Reles de Luces			

							4.3.1.1.4	HAZ de luz distorsionado	Lámpara de luz frontal desalineada, generando poca visibilidad	Deformaciones de la carrocería o daños frontales que desvíen los faros de su posición	Unidad de Luz	PV	Inspección y cambio por condición	Taller Externo	300	RUTINA INSPECCIÓN 360° SISTEMA ELÉCTRICO	
										Mala colocación de los bulbos de manera inadvertida cuando se replazan	Unidad de Luz	PV	Inspección y Ajuste Sistema de Luces	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM	
							4.3.1.1.5	Unidad luz frontal partido	Unidad luz frontal partido, esto puede generar daño en los bombillos y distorsión en las de luz.	Golpe durante operación del vehículo	Unidad de Luz	CO	Reemplazo unidad de Luz	Taller Externo			
		4.4	Señalizar lúmicamente el ancho del Vehículo , el sentido de giro y cuando el Vehículo esta parqueado.	4.4.1	Señalizar lúmicamente el ancho del Vehículo , el sentido de giro y cuando el Vehículo esta parqueado.	4.4.1.1	No permite la señalización del ancho del Vehículo	4.4.1.1.1	Lineas de alimentación en corto	Lineas de alimentación en corto, abiertas o en mal estado, genera mal funcionamiento del sistema de luces	Descaste por uso normal	Cables Eléctricos	CO	Reemplazo Cableado Eléctrico (Por Condición)	Taller Externo		
							4.4.1.1.2	Talco de Luz defectuoso	Talco de luz de anchura sucio o partido	Uso Normal	Talco de Luz	CO	Limpieza o Reemplazo talco de luz (Por Condición)	Taller Externo			
							4.4.1.1.3	Planca de Mando Sistema Luces en mal estado	Palanca de luces direccionales defectuosa, esto puede genera que no se tenga control de mando para manejar el sistema de luces.	Uso Normal	Palanca Luces	CO	Cambio (por condición)	Taller Externo			
							4.4.1.1.4	Daño en el rele de Luces	Relé de luces de defectuoso, daño en los fusibles genera problemas en el sistema de luces	Uso Normal	Rele Luces de Parqueo	CO	Cambio (por condición)	Taller Externo			
							4.4.1.1.1	Bombillas no encienden	Bombillos en mal estado	Uso Normal	Bombillos	CO	Cambio (por condición)	Taller Externo			

5	Sistema de Accesorios	5.1	Proporcionar en la cabina del Vehículo una temperatura ambiente hasta de 19 grados C	5.1.1	Proporcionar en la cabina del Vehículo una temperatura ambiente hasta de 19 grados C	5.1.1.1	No es capaz de proporcionar en la cabina una temperatura ambiente de 19 grados C	5.1.1.1.1	Aire Acondicionado no enciende	Compresor dañado, esto genera que el aire acondicionado no funcione	Vida Util	Compresor	CO	Cambio (por condición)			
								5.1.1.1.2	No enfría la cabina del Vehículo	Humedecimiento mangueras y tubos, esto genera mal funcionamiento del aire acondicionado	Fuga	Mangueras	PV	Inspección y cambio por Condición	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
								5.1.1.1.3	Aire Acondicionado no enciende	Si el termostato se queda cerrado y el motor comienza a sobre calentar, la computadora del vehículo puede apagar el compresor de aire acondicionado en un último esfuerzo para reducir la carga térmica en el sistema	Daño en el termostato	Termostato	PV	Revisión del sistema de refrigeración y corrección de fugas de	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM
								5.1.1.1.4	No enfría la cabina del Vehículo	Filtro toma aire tapado sucio, esto genera mal funcionamiento del aire acondicionado	Suciedad	Filtro	PV	Cambio Filtro Aire Acondicionado	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM
													PV	Inspección Y Limpieza Filtro Aire	Taller Externo	6000	Mantenimiento de los 6000 KM
5.1.1.1.5	No enfría la cabina del Vehículo	Correa del compresor de A/A dañada, esto genera que el aire acondicionado no funcione	Uso Normal	Correas	PV	Inspección y cambio por Condición de las Correas	Taller Externo	12000	Mantenimiento de los 12000 KM								